

# **Efeito da rega deficitária no vigor, produção e qualidade da casta Alvarinho (*Vitis vinifera*, L.) na Região dos Vinhos Verdes**

**Maria Teresa de Leão Montenegro Ferrão**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Viticultura e Enologia**

Orientador: Doutor Jorge Bernardo Lacerda de Queiroz

## **Júri:**

**Presidente** - Doutor Jorge Manuel Rodrigues Ricardo da Silva, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

**Vogais** - Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes, Professor Associado com agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

- Doutor Jorge Bernardo Lacerda de Queiroz, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

**Lisboa, 2014**

## **AGRADECIMENTOS**

A concretização deste trabalho apenas foi possível graças ao contributo de inúmeras pessoas, às quais gostaria de deixar o meu verdadeiro agradecimento.

Aos meus pais, irmão e irmã mais velhos que sempre foram figuras essenciais na minha educação e formação. A toda a minha família que, de forma directa ou indirecta, também me incentivaram.

Ao Professor Jorge Queiroz, cuja aceitação como meu orientador foi imediata e que, desde o início cumpriu com tudo o que essa responsabilidade acarreta, ajudando de modo inigualável. Por toda a sua disponibilidade, ensinamentos, opiniões e sugestões.

Aos Professores Jorge Ricardo da Silva e Carlos Lopes por terem sido formadores excepcionais das suas disciplinas e por, através de ambos aprender bastante sobre o Mestrado de Viticultura e Enologia que frequentei.

À Quinta da Aveleda, e em especial à Engenheira Maria José Machado que sempre foi muito correcta quer profissionalmente, quer em termos de relações humanas, mostrando-se sempre muito receptiva, interessada e dinâmica. Bem como ao Engenheiro André, pela ajuda, paciência e envio de vários dados solicitados.

À Helena Amorim, por ter sido minha colega de estágio e por termos tido uma relação de entreajuda apreciável.

À minha turma de Mestrado, pela união, entreajuda e espírito crítico.

Ao Instituto Superior de Agronomia pelas oportunidades que me ofereceu, os Professores que me proporcionou e pelas grandes amizades que lá fiz.

A todos aqueles que se cruzaram na minha vida e deixaram marcas e a todos que tiveram interesse por ler e estudar esta Tese.

## RESUMO

Este trabalho nasceu com o intuito de comparar os efeitos da rega deficitária ao nível da fisiologia, crescimento vegetativo, produção e qualidade da casta *Alvarinho*.

O ensaio foi realizado no ano de 2014, na empresa Quinta da Aveleda, situada na região dos Vinhos Verdes, em Penafiel.

Para tal, foram testadas as seguintes modalidades: testemunha não regada (R0); rega baseada no potencial hídrico foliar de base (R1); rega baseada na evapotranspiração potencial - 75% ETc (R2) e rega baseada na evapotranspiração potencial - 100% ETc (R3).

Este foi um ano com condições climáticas atípicas, registando-se muita precipitação durante os meses de Verão, que torna arriscada a extrapolação dos resultados para anos futuros.

A evolução do potencial hídrico foliar de base, permitiu verificar que as modalidades se mantiveram sempre em conforto hídrico.

A rega com 100% ETc apresentou uma maior área foliar total, contudo não obteve uma produção elevada.

Na composição do mosto à vindima, as quatro modalidades apresentam valores similares entre si, resultando em maior eficiência do uso de água para rega.

As conclusões deste trabalho são referentes aos resultados de apenas de um ano de ensaio, pelo que devem ser consideradas preliminares.

**Palavras-chave:** Rega deficitária, Videira, Relações hídricas, Alvarinho, Crescimento vegetativo, Produção.

## ABSTRACT

The purpose of this work was to compare the effects of four strategies of deficit irrigation and analyse the differences of physiology, vegetative growth, yield and quality of grapes of *Alvarinho*.

The study was performed in 2014, at Quinta da Aveleda, located in the Vinhos Verdes region, in Penafiel.

So the following treatments were tested: not watered control (R0), without any intervention; irrigation based on leaf water potential (R1); irrigation with 75% ET<sub>c</sub> (R2) and irrigation with 100% ET<sub>c</sub> (R3).

The evolution of the basic leaf water potential has shown that the vines were always in water comfort.

Irrigation with 100% Etc presented higher total leaf area but didn't obtain a high production.

Regarding the composition of the must in the vintage, the modalities apparently showed similar values, resulting in more efficient use of irrigation water.

This was a year with atypical weather conditions, registering a lot of rainfall during the summer months. So the results shouldn't be extrapolated for future years.

**Keywords:** Irrigation deficit, Vine, Water relations, Alvarinho, Vegetative Growth, Production.

**EXTENDED ABSTRACT**

This work was done to compare the effects of four deficit irrigation methods on vigour, yield and quality of the white variety *Alvarinho*. The development of the practice of this master thesis was made in Quinta da Aveleda.

The treatments were R0 (without irrigation); R1 (irrigation based on leaf water potential); R2 (corresponding to 75% evapotranspiration) and R3 (corresponding to 100% evapotranspiration).

This year, precipitation has played a determinant role in this trial, because it has maintained high soil water availability until flowering. So the study was very influenced by climatic conditions.

The evolution of the basic leaf water potential has shown that the vines were always in water comfort. Concluding that precipitation influenced the water status of vines, leaving them hydrated throughout the cycle.

The different irrigation amount induced significant statistic differences in the leaf area between the four irrigation treatments in the first two measurements. The difference in leaf area was due to the defoliations made by the company. No agronomical differences were observed between treatments on all the others analyzed parameters relative to vegetative growth, canopy density, exposed leaf area, cluster number and yield.

The quality of the harvest grapes, showed values with no differences between treatments, resulting in improved efficiency of use of irrigation water.

In sum, treatments induced similar agronomical behaviour. However as this was only the first year of the trial, more seasons are needed to confirm the effects on berry composition and carry-over effects on fruitfulness and/or vine vigor.

**Keywords:** Irrigation deficit, Vine, Water relations, Alvarinho, Vegetative Growth, Production.

## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	II
RESUMO .....	III
ABSTRACT .....	IV
EXTENDED ABSTRACT .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE QUADROS .....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS .....	XII
1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. A rega na indústria vitícola .....	3
2.2. Relações hídricas da videira e determinação das suas necessidades de água .....	4
2.3. Efeitos da disponibilidade hídrica na videira ao longo do seu ciclo vegetativo - produção, qualidade e maturação .....	6
2.4. Monitorização da rega .....	9
2.5. Estratégias de rega deficitária .....	11
2.5.1. Rega deficitária controlada: RDI .....	11
2.5.2. Rega alternada de uma parte das raízes: PRD .....	13
2.6. Indicadores do estado hídrico da videira .....	15
2.6.1. Indicadores fisiológicos.....	15
2.6.1.1. Potencial Hídrico .....	15
2.6.1.2. Trocas gasosas .....	19
2.6.1.3. Dendrometria.....	20
2.6.1.4. Termometria e termografia .....	20
2.6.1.5. Fluxo de seiva .....	21
2.6.1.6. Fito-monitores.....	22
2.6.2. Aparência e características da vegetação .....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.1. Introdução .....	24
3.2. Região Demarcada dos Vinhos Verdes.....	24
3.3. Caracterização do Ensaio.....	25
3.3.1. Descrição da Parcela Experimental .....	25
3.3.2. Características Edafoclimáticas .....	26
3.3.3. Caracterização do Material Vegetal .....	26
3.3.3.1. Casta Alvarinho .....	26
3.3.3.2. Porta Enxerto 3309 C .....	27

---

3.3.5. Operações Culturais .....	29
3.4. Metodologias Utilizadas .....	29
3.4.1. Estados Fenológicos .....	29
3.4.2. Carga à Poda, Abrolhamento e Fertilidade .....	30
3.4.3. Área Foliar .....	30
3.4.4. Dimensões da Sebe e Superfície Foliar Exposta .....	32
3.4.5. Porosidade da Sebe e Número de Camada de Folhas .....	33
3.4.6. Medições Fisiológicas .....	34
3.4.6.1. Cálculo da $ET_0$ e cálculo das necessidades de rega .....	34
3.4.6.2. Estado Hídrico das videiras .....	35
3.4.7. Evolução da Maturação .....	36
3.4.8. Produção e Vindima .....	36
3.4.9. Microvinificação .....	37
3.5. Análise Estatística dos Resultados .....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
4.1. Clima e dados meteorológicos do ciclo vegetativo de 2014 .....	38
4.2. Evolução da fenologia .....	39
4.3. Carga à poda e número de cachos .....	39
4.4. Índice de Fertilidade e Taxa de Abrolhamento .....	40
4.5. Potencial Hídrico Foliar .....	42
4.5.1. Potencial Hídrico Foliar de Base .....	42
4.6. Caracterização do coberto vegetal .....	43
4.6.1. Área Foliar .....	43
4.6.2. Dimensões da Sebe e Superfície Foliar Exposta .....	46
4.6.3. Densidade do coberto .....	48
4.7. Evolução da maturação (composição dos bagos) .....	50
4.7.1. Grau álcool provável .....	50
4.7.2. pH e Acidez Total .....	51
4.7.3. Azoto assimilável, ácido málico e ácido tartárico .....	52
4.8. Produção .....	53
5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	55
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57
ANEXOS .....	75

**ÍNDICE DE EQUAÇÕES**

**Equação 2.1:**  $ET_c = ET_0 \times K_c$

**Equação 2.2:**  $ET = \Delta AFU + P + R - ES - D$

**Equação 3.1:** % Abrolhamento =  $(n^\circ \text{ olhos abrolhados} / n^\circ \text{ olhos deixados à poda}) \times 100$

**Equação 3.2:** Índice de Fertilidade Potencial =  $(n^\circ \text{ inflorescências} / n^\circ \text{ olhos deixados à poda})$

**Equação 3.3:**  $AF_{\text{folha}} (\text{cm}^2) = 0.2365 * L_2^{2.2162}$

**Equação 3.4:**  $AF_{\text{princ}} = \text{Exp} [0,0835 + 0,992 * \text{Ln}(((AF_{\text{maior}} + AF_{\text{menor}}) / 2) * NF)]$

**Equação 3.5:**  $AF_{\text{sec}} = \text{Exp} [0,346 + 1,029 * \text{Ln}(AF_{\text{med}} \cdot NF) - 0,125 * \text{Ln}(AF_{\text{max}})]$

**Equação 3.6:**  $SFE (\text{m}^2/\text{ha}) = (2 \times Ht + L_{\text{média}}) \times n^\circ \text{ de metros de sebe/ha}$

**Equação 3.7:** Número de camadas de folhas:  $NCF = n^\circ \text{ total de folhas tocadas} / n^\circ \text{ total de inserções}$

**Equação 3.8:** Porosidade do coberto: % de buracos =  $n^\circ \text{ total de buracos} / n^\circ \text{ total de inserções} * 100$

**Equação 3.9:** % de folhas interiores =  $n^\circ \text{ total de folhas interiores} / n^\circ \text{ total de folhas} * 100$

**Equação 3.10:** % de cachos exteriores =  $n^\circ \text{ total de cachos exteriores} / n^\circ \text{ total de cachos} * 100$

**Equação 3.11:**  $ET_0 = 0.0135 K_T (T+17.78) (T_{\text{max}}-T_{\text{min}})^{0.5} R_a$



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> - Correspondência entre valores de potencial de base e estado hídrico da videira (Carbonneau, 1998). .....	17
<b>Figura 3.1</b> - Fotografia aérea da parcela onde decorreu o ensaio, Quinta da Aveleda, Penafiel, 2014 (Fonte: Google Earth acedido a 23 de Maio de 2014).....	26
<b>Figura 3.2</b> - Esquema do delineamento experimental do ensaio, estabelecido em blocos, com as modalidades: R0 - Testemunha não regada; R1 - Rega baseada no potencial hídrico foliar de base; R2 - 75% ETc e R3 - 100% ETc.....	29
<b>Figura 3.3</b> - Esquema da localização da nervura lateral esquerda (L2e) e direita (L2d), na folha de videira da casta Alvarinho. ....	31
<b>Figura 3.4</b> - Esquema de medição das dimensões da sebe.....	32
<b>Figura 3.5</b> - Representação do processo de avaliação do NCF numa sebe. A seta representa a barra que atravessa o coberto ao nível dos cachos (C) e ao nível vegetativo (V). ....	33
<b>Figura 3.6</b> - Câmara de pressão (Manofrígido S.A.). ....	35
<b>Figura 4.1</b> - Climatograma de 2014. Dados meteorológicos de 2014 obtidos na estação meteorológica instalada na Quinta da Aveleda; Dados de 30 anos obtidos na fonte: <a href="https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/014/">https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/014/</a> ). ....	38
<b>Figura 4.2</b> - Carga à poda e número de cachos por videira nos diferentes blocos, em videiras da casta Alvarinho. Em cada bloco, valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05.....	40
<b>Figura 4.3</b> - Índice de Fertilidade e Taxa de Abrolhamento nas diferentes modalidades, em videiras da casta Alvarinho. Em cada modalidade, valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05.....	41
<b>Figura 4.4</b> - Evolução sazonal do potencial hídrico foliar de base ( $\Psi_b$ ) das quatro modalidades de rega. Média e respectivo erro padrão de 6 medições por modalidade. ....	42

<b>Figura 4.5</b> - Evolução da área foliar principal, AFp, (A) e secundária, AFn, (B), em quatro períodos distintos das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R2), em videiras da casta Alvarinho. Em cada data, valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05. ....	44
<b>Figura 4.6</b> - Evolução da área foliar total (AFtotal), em quatro períodos distintos das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R2), em videiras da casta Alvarinho. Em cada data, valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05. ....	45
<b>Figura 4.7</b> - Evolução da percentagem da área foliar principal (A) e da percentagem da área foliar secundária (B), em quatro períodos distintos, das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R2), em videiras da casta Alvarinho. Em cada data, valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05. ....	46
<b>Figura 4.8</b> - Superfície foliar exposta (SFE) das quatro modalidades de rega, em videiras da casta Alvarinho. Valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05. ....	47
<b>Figura 4.9</b> - Evolução do grau alcoólico provável, durante a maturação, das quatro modalidades de rega de rega (R0, R1, R2 e R3), em videiras da casta Alvarinho. Dados não analisados estatisticamente. ....	50
<b>Figura 4.10</b> - Evolução da acidez total e do pH, durante a maturação, das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R2), em videiras da casta Alvarinho. Dados não analisados estatisticamente. ....	51
<b>Figura 4.11</b> - Evolução do azoto assimilável, durante a maturação, das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R2), em videiras da casta Alvarinho. Dados não analisados estatisticamente. ....	52
<b>Figura 4.12</b> - Evolução do ácido málico (A) e do ácido tartárico (B) durante a maturação, das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R2), em videiras da casta Alvarinho. Dados não analisados estatisticamente. ....	52

## **ÍNDICE DE QUADROS**

<b>Quadro 3.1</b> - Características e aptidões culturais do porta-enxerto 3309 Couderc. (Fonte: Duarte e Dias (1991). .....	28
<b>Quadro 4.1</b> - Dimensões do coberto das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R3). ..	47
<b>Quadro 4.2</b> - Número de camada de folhas (NCF), % de buracos, % folhas interiores e % de cachos exteriores, a nível dos cachos e a nível vegetativo, das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R3). .....	48
<b>Quadro 4.3</b> - Parâmetros caracterizadores da produção das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R3). Valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05. ....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABA	- Ácido abscísico
AF	- Área foliar
AFfolha	- Área foliar de uma folha
AFmaior	- Área foliar da folha principal maior
AFmax	- Área foliar da folha da neta maior
AFmed	- Área foliar média
AFmenor	- Área foliar da folha principal menor
AFT	- Área foliar total
ET <sub>0</sub>	- Evapotranspiração de referência
ETc	- Evapotranspiração cultural
g <sub>s</sub>	- Condutância estomática ao vapor de água
HS	- Equação de Hargreaves Samani
H <sub>t</sub>	- Altura da sebe
IF	- Índice de fertilidade
IRGA	- “Infrared gas analyzer” (Analisador de gases por infravermelhos)
L2d	- Comprimento da nervura lateral direita
L2e	- Comprimento da nervura lateral esquerda
L <sub>c</sub>	- Largura da sebe ao nível dos cachos
L <sub>t</sub>	- Largura no topo da sebe
L <sub>v</sub>	- Largura da sebe ao nível vegetativo
LSD	- Teste da mínima diferença significativa
NCF	- Número de camadas de folhas
NF	- Número de folhas P
PM	- Equação de Penman Monteith
PRD	- Partial root drying
RDI	- Regulated deficit irrigation
SFE	- Superfície foliar exposta
Ψ <sub>f</sub>	- Potencial hídrico foliar
Ψ <sub>b</sub>	- Potencial hídrico foliar de base
Ψ <sub>h</sub>	- Potencial hídrico foliar mínimo

## 1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

A cultura da vinha tornou-se uma das culturas mais importantes. Assume hoje relevo na agricultura portuguesa, sendo um dos sectores agrícolas com mais vantagens competitivas a nível internacional, sobretudo através da produção de vinhos de elevada qualidade, podendo assim fazer frente a todos os outros vinhos existentes.

As condições naturais de que Portugal dispõe, tornam este país especialmente favorável para a viticultura. Apesar da sua pequena dimensão, os diferentes climas que o país tem, as características de cada tipo de solo e o comportamento das castas em cada região originam estilos de vinho completamente distintos. Este aspecto é considerado um trunfo para a enologia, porque o objectivo de muitos enólogos é fazer vinhos que reflectam as suas origens. Tal característica só é conseguida através de uma viticultura que respeite ao máximo a identidade do *terroir* e de uma vinificação conservadora que realce as características da uva.

É um facto que a vontade de fazer cada vez mais e melhor é geral. A ânsia de progredir no mundo dos vinhos está inerente a todos deste meio. Eis a razão pela qual a vitivinicultura tem evoluído, principalmente pela sua inovação e dinamismo crescente, a fim de satisfazer os consumidores e, assim, ter sucesso nas vendas.

Nos últimos tempos a relação entre a viticultura e a enologia tem sido bastante estudada e tida como fulcral quer na qualidade quer na quantidade da produção. A modernização vitivinícola tem implicado mudanças na manipulação dos cobertos vegetais, de forma a acelerar a entrada em produção, aumentar rendimentos, melhorar a qualidade das uvas e vinhos e diminuir custos.

Para além de tudo o que é indispensável na gestão das vinhas, a rega também é uma prática importante. Este é um tema de grande actualidade, particularmente para Portugal que não tem tradição nesta área. Lopes (2008) afirma que na maior parte das regiões vitícolas com climas similares ao nosso, a rega da vinha é livre, sendo utilizada, sempre que necessária, para suprimir as deficiências hídricas, sobretudo no período entre a floração e a vindima, com o objectivo de estabilizar rendimentos e a qualidade inter-anual.

Segundo Santos *et al.* (2007) a rega é uma óptima ferramenta para melhorar o desempenho da videira e a sua manipulação durante a fase de crescimento é fundamental para o controle do vigor e para o tamanho e qualidade das uvas.

A água é um dos recursos mais limitativos da actividade vitícola nas regiões de clima Mediterrânico devido à escassez e irregularidade da distribuição da precipitação ao longo do ano, associado a um aumento previsto na aridez dos solos (Rizza *et al.*, 2004). Têm ocorrido, portanto, situações de *stress* hídrico intenso com consequências negativas para a videira.

Este panorama tem levado a um forte aumento da área de vinha regada nas regiões vitícolas portuguesas. Contudo, a rega é feita, na maioria das vezes, de uma forma empírica - o que leva a ineficiências no uso adequado da água, comprometendo deste modo, a produção e a qualidade (Lopes, 2008). Observa-se actualmente um interesse crescente no estudo de estratégias de rega com a finalidade de obter um balanço de água apropriado, uma vez que leva a um vigor pretendido que posteriormente terá boas consequências na composição das uvas (McCarthy, 1997), sendo que estas mudanças no metabolismo da planta irão proporcionar um aumento da qualidade dos cachos e da produção do vinho (Matthews e Anderson, 1988, 1989).

Assumindo que “*boas uvas fazem bons vinhos*” é importante produzir uvas de excelência, podendo a rega ser decisiva na qualidade final dos frutos.

Neste trabalho pretende-se estabelecer um procedimento experimental baseado na determinação do potencial hídrico foliar como base da estratégia de optimização de rega e como forma de controlo do *stress* hídrico da videira, com o objectivo de estudar a resposta das uvas a quatro diferentes modalidades de rega.

O ensaio foi realizado na empresa Aveleda Vinhos S. A. - que pertence à Região Demarcada dos Vinhos Verdes - numa parcela de vinha da casta Alvarinho, com sete anos de idade.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A rega na indústria vitícola

O grande desafio para a tecnologia associado à rega para quase todos os países, é a escassez de água, a sua fonte irregular e o método inadequado usado para a sua recolha, distribuição e aplicação no campo. As concorrentes alternativas para o uso de água, tornaram imperativo a optimização da eficiência da rega das culturas, mais especificamente, das vinhas. Consequentemente, novas técnicas têm sido desenvolvidas para otimizar a gestão da rega. Estas novas tecnologias melhoram o uso de água e a eficiência energética (Santos *et al.*, 2007). A água é um recurso renovável e, por sua vez, a rega é uma ótima ferramenta para aperfeiçoar a performance da videira, desde que seja bem conduzida.

Num estudo, Santos *et al.* (2005) apontam que na Europa, e em particular em Portugal, a rega da vinha, só muito recentemente tem sido posta em prática, por causa dos possíveis efeitos negativos na qualidade do vinho. Magalhães (2008), afirma que até há pouco tempo, ainda subsistia a ideia de que a rega prejudica a maturação, por supostamente induzir a vinhos menos alcoólicos, mais ácidos e mais pobres na componente fenólica. Devido ao espontâneo severo *stress* de água que se tem acentuado cada vez mais, a rega tornou-se muito comum nas zonas do país onde a alta evapotranspiração potencial e a pouca precipitação dominam, na fase de crescimento da videira (Santos *et al.*, 2005).

Ou seja, o início da implementação da rega em Portugal surge em consequência de duas situações. Em primeiro lugar, vem-se assistindo nos últimos tempos à ocorrência de anos extremamente secos, que limitam a rentabilidade da cultura da vinha em regiões de características mais áridas. Além disso, as previsões relativas ao aquecimento global da Terra apontam simultaneamente para uma redução significativa da precipitação acompanhada de aumentos da evapotranspiração (Schultz, 2000). Em segundo lugar, a exigência dos mercados, relativamente a produtos de qualidade com preços acessíveis, orienta o viticultor a produzir mais e melhor, no sentido de fazer face à competitividade com outros vinhos nacionais e estrangeiros.

É de facto, de extrema importância, o recurso à rega como ferramenta para estabilizar e/ou aumentar, as flutuações anuais da produção, proporcionando, uma elevada qualidade das uvas, sem comprometer a perenidade das videiras. De acordo com Chaves *et al.* (2007), para este propósito, a rega deve ser controlada de modo a otimizar o balanço “*source/sink*”, garantir um desenvolvimento vegetativo e reprodutivo apropriado e evitar um vigor excessivo.

A disponibilidade hídrica constitui um dos factores limitativos da cultura da vinha em situações de clima mediterrânico, em que o período estival é acentuadamente seco e quente, como já referido anteriormente (Koundouras *et al.*, 1999). Realidade que acontece, mesmo tendo a vinha uma enorme capacidade de adaptação a deficiências hídricas, por constituintes anatómicos e morfológicos, tais como o calibre dos vasos xilémicos e a profundidade de enraizamento, e por processos fisiológicos em que a regulação estomática desempenha um papel fundamental. Alguns autores como, Spiegel-Roy e Bravdo (1964), partilham outras razões que valorizam a rega da vinha, defendendo que a água, é também um meio de reacção química e de dissolução das substâncias gasosas e minerais e é essencial na manutenção da turgescência das células (condição fundamental ao funcionamento estomático e crescimento celular). A água permite ainda, o movimento e a absorção das substâncias, de órgão para órgão, bem como, entre as células, através do xilema e floema (Prichard, 1992).

Completando a ideia, efectivamente, a água é um elemento necessário da actividade biológica. Nas plantas, além de ser o constituinte mais abundante dos órgãos lenhosos e herbáceos, assegura e condiciona algumas das suas mais importantes funções, tais como a transpiração (Hidalgo, 2002; Huglin e Schneider, 1998). A videira (*Vitis vinifera* L.) não é excepção. Apesar de ser uma planta com diversos mecanismos vegetativos e fisiológicos que permitem, até uma certa extensão, a sua adaptação a um fornecimento limitado de água (Carrante, 1963; Grimes e Williams, 1990), o seu regime hídrico influencia fortemente o seu potencial produtivo e enológico (Koundouras *et al.*, 1999; Van Leeuwen e Seguin, 1994).

Em viticultura, e concretamente na produção de uvas para vinho, os objectivos são mais complexos. A quantidade produzida é sem dúvida importante, mas a composição do bago e o impacto que esta poderá ter na qualidade dos vinhos, podem ser parâmetros de avaliação de ainda maior relevância (Matthews e Anderson, 1988).

A rega é assim, uma prática cultural cada vez mais comum das empresas e, muitas vezes imprescindível para maximizar a produtividade da vinha.

## **2.2. Relações hídricas da videira e determinação das suas necessidades de água**

A água é um componente abundante da videira, pelo que toma um papel activo no transporte dos nutrientes absorvidos pela raiz e dos fotoassimilados a partir das folhas (Magalhães, 2008). Este autor acrescenta que a água possui várias funções importantes: é componente do protoplasma das células; é elemento reactivo na fotólise; é determinante na hidrólise do amido e na dissolução de substâncias gasosas e minerais, entre outras inúmeras funções como as que foram referidas anteriormente.



O estado hídrico da planta depende não só da água absorvida pelo sistema radicular, mas também da transpiração (E), constituindo esta o fenómeno fisiológico mais intensamente relacionado com as exigências hídricas, sendo regulado por uma série de factores que, neste mesmo capítulo serão anunciados. A determinação das necessidades de água faz-se usualmente pelo consumo de água (ET) (Malheiro, 2005). Geralmente, para efeitos de rega, a determinação da ET é feita através do recurso a modelos matemáticos, baseados em dados climáticos, que determinam a ET de uma cultura de referência ( $ET_0$ ), a qual será sujeita a um coeficiente cultural ( $K_c$ ), para se obter a ET da cultura em causa. Ou seja, tem-se:  $ET_c = ET_0 \times K_c$  (**Eq. 2.1**).

Algumas das equações que se destacam são: a de Blaney-Criddle e de Penman-Monteith, sendo esta última aquela que é geralmente utilizado pela FAO (Allen *et al.*, 1998; Hidalgo, 2002). Os coeficientes culturais utilizados deverão ter em conta não apenas a cultura mas também, todo um conjunto de factores, devendo sofrer uma evolução ao longo das fases do ciclo vegetativo (Doorenbos *et al.*, 1986; Williams, 2001). Outro método vulgarmente usado e de aparentemente simples implementação baseia-se no balanço hídrico do solo (Payan *et al.*, 2006). Do lado das entradas tem-se a água já armazenada no solo disponível para a planta, a precipitação (P) e os possíveis suplementos de água por via da rega (R). Em termos de saídas, além das eventuais perdas de água por escoamento superficial (ES) e percolação (D), tem-se a ET (Yunusa *et al.*, 1997). Isto é,  $ET = \Delta AFU + P + R - ES - D$  (**Eq. 2.2**).

Seguin (1988) define *terroir* como um ecossistema que interage entre si. Num determinado local, o clima, o solo e a vinha (também o porta-enxerto e a casta) conjugam-se de tal maneira que, todos em conjunto influenciam a qualidade e o estilo do vinho (Falcetti, 1994). Este conceito é particularmente relevante para o estado hídrico da videira. Não apenas pela água ser um dos mais importantes elementos do mesmo (Van Leeuwen e Seguin, 1994; Trambouze *et al.*, 1998; Koundouras *et al.*, 1999) mas também, pela influência exercida por factores genéticos, fisiológicos, ambientais e humanos sobre as necessidades hídricas de uma vinha.

De facto, existem factores que influenciam seguramente as relações hídricas da videira. Os factores atmosféricos nomeadamente, o clima, a precipitação, a temperatura, o vento e a radiação solar e os factores edáficos referentes a tudo o que é inerente ao solo. A planta por si só também tem efeitos pois, a videira possui diferentes tipos de respostas de morfologia e de fisiologia resultantes da interacção entre as condições ambientais encontradas (nomeadamente a disponibilidade hídrica) e a informação contida nos seus genótipos (Pastori e Foyer, 2002). E a acrescentar, por último, os factores agronómicos que são os principais responsáveis pelo estado hídrico das videiras. Há que ter em conta a intervenção humana na vinha. Os viticultores através das práticas culturais, que utilizam com vista a

atingir metas, tendem a influenciar o regime hídrico das videiras e a eficiência do uso da água disponível (Krauter, 2001b).

Relativamente às relações hídricas, de acordo com Lopes (2008), o movimento da água através da planta é ascendente e ocorre devido ao decréscimo do potencial de água nas folhas, gerando tensões hidrostáticas no xilema, que é contínuo das folhas até à raiz. É um processo passivo processando-se das zonas de maior para menor potencial sendo a transpiração, a promotora do movimento da água no xilema.

A definição de *stress* hídrico aproxima-se da situação em que a água se torna um factor limitativo ao normal funcionamento da planta, o qual pode ocorrer quer por défice, quer por excesso de água. A videira sob uma situação de deficiência hídrica no solo, fecha os seus estomas, o que conseqüentemente, permite uma redução da transpiração, constituindo uma resposta de curto prazo ao *stress* hídrico (Lopes, 2008). Esta resposta dos estomas está associada à quantidade de ABA (ácido abscísico) no xilema e/ou aos sinais químicos provenientes das raízes, segundo este autor. Convém referir que, relativamente ao *stress* hídrico, as castas tomam por vezes formas de adaptação distintas. Schultz (2003) e Medrano *et al.* (2003) classificaram-nas segundo dois tipos de comportamento: as isohídricas que, quando atingem um potencial hídrico limite, mantêm-no pelo encerramento dos estomas, economizando dessa forma a água; e as anisohídricas que depois desse limiar crítico continuam a absorver água disponível no solo, já que mantêm os estomas abertos durante mais tempo.

### **2.3. Efeitos da disponibilidade hídrica na videira ao longo do seu ciclo vegetativo - produção, qualidade e maturação**

Os efeitos do *stress* hídrico dependem da fase em que este ocorre, da intensidade e da taxa a que é imposto. A disponibilidade de água para a planta influencia o crescimento reprodutivo da videira ao longo do seu ciclo, afectando a quantidade e a qualidade da produção (Santos *et al.*, 2007). É no período vingamento-vindima que as disponibilidades mais influenciam o crescimento reprodutivo. O défice hídrico actua diferentemente sobre o desenvolvimento dos bagos de acordo com a severidade e época em que se aplica, afectando o seu crescimento (Lopes, 2008).

A água favorece o desenvolvimento radicular, acompanhada por aumento de vigor, que se traduz por maior peso dos sarmentos e da lenha de poda. Por isso, em situações de elevada disponibilidade hídrica, pode ser alongado o ciclo vegetativo, atrasada a maturação das uvas e dificultado o processo de atempamento das varas (Magalhães, 2008).

Em linhas gerais, Lopes (2008) refere que em condições de conforto hídrico, o crescimento vegetativo continua até tarde na estação, o que provoca uma maior competição entre

vegetação e maturação, um deficiente microclima, problemas de maturação e sanidade e, conseqüentemente, atrasos na maturação levando à obtenção de um menor teor em açúcar e maior acidez nos bagos à vindima. Para além disso, o conforto hídrico induz bagos grandes, com menor relação película/polpa, produções elevadas, vinhos herbáceos, com menor teor alcoólico, menor cor e corpo.

Um dos efeitos indirectos do *stress* hídrico resulta na alteração do microclima térmico e luminoso dos cachos devido à senescência precoce das folhas basais. O que pode levar a uma exposição excessiva, com conseqüências negativas na maturação, o que pode originar menores rendimentos, mostos com baixa acidez e redução dos aromas (Lopes, 2008).

Segundo Lopes (2008), quando o *stress* hídrico severo se verifica já nas proximidades da vindima, ocorrem casos de sobrematurações resultantes de um emurchecimento dos bagos e conseqüente concentração de açúcares. Esta perda de água dos bagos leva a menores rendimentos e conduz a mostos desequilibrados com altos teores de açúcar, deficiência em acidez e prováveis problemas na condução da fermentação. Para além disso pode reduzir o potencial aromático das uvas, particularmente das castas brancas.

Wample (2001) refere que em climas mediterrânicos, habitualmente, quando a videira está na sua primeira fase de crescimento (abrolhamento - floração), as reservas de água no solo são suficientes para o seu desenvolvimento normal. Uma eventual carência hídrica induziria a um abrolhamento irregular, pânpanos curtos, uma menor diferenciação floral e à produção de menos cachos e com um menor tamanho (Myburgh, 2003). Quando se verificam condições de *stress* hídrico no início do desenvolvimento vegetativo, para além das folhas ficarem mais pequenas, pode verificar-se um decréscimo das taxas de crescimento dos sarmentos principais e do número de “netas” (Williams e Matthews, 1990). No entanto, água em excesso é da mesma forma prejudicial, pois potenciaria a evolução do crescimento vegetativo em vez da sua desaceleração para que ocorra a floração, atrasando assim as fases fenológicas seguintes, incluindo a maturação (Hidalgo, 2002).

O *stress* hídrico no período compreendido entre a floração e o vingamento é bastante importante, devido ao impacto directo que apresenta na quantidade de uvas obtidas na altura da vindima (Matthews e Anderson, 1988). A ocorrência de um *stress* hídrico severo nesta altura atrasa o desenvolvimento da flor e leva a uma menor produção de bagos e de menor dimensão (Becker e Zimmermann, 1984; Myburgh, 2003). No extremo oposto, um excesso de água também é prejudicial, porque pode aumentar ou diminuir o número de cachos, devido à competição exercida entre os ápices vegetativos em rápido crescimento e os fenómenos reprodutivos. Aliás, o próprio vingamento do fruto pode ser afectado, traduzindo-se então, em desavinho e bagoinha (Magalhães, 2008). O meio-termo para esta fase, é a situação ideal: a obtenção de um *stress* hídrico moderado que induza a paragem

vegetativa, privilegiando os fenómenos reprodutivos e podendo assim resultar numa produção de melhor qualidade (Carbonneau e Casteran, 1979; Myburgh, 2003).

Logo após o vingamento, dá-se a fase de maior desenvolvimento vegetativo e o crescimento dos bagos até ao pintor. Neste período, a videira atingirá a sua área foliar máxima, tornando-se, por isso, a fase de maior exigência e consumo de água (Hidalgo, 2002; Magalhães, 2008). Mais uma vez, o défice hídrico acentuado teria consequências muito negativas no desenvolvimento da folhagem e na colheita, resultando num menor tamanho dos bagos, e provocando um atraso da maturação e uma desidratação parcial ou total dos cachos (Wample, 2001; Myburgh, 2003). Vários autores sugerem que, neste período, é favorável estabelecer uma estratégia em termos hídricos de *stress* moderado nas videiras, de modo a produzir uvas com elevado potencial enológico que dêem origem a um mosto com as características pretendidas e por sua vez, este resultar num bom vinho.

Antes do pintor, o *stress* hídrico moderado leva a bagos mais pequenos e abranda significativamente o crescimento vegetativo (Magalhães, 2008; Gurovich e Vergara, 2005; Ferreyra *et al.*, 2002), permitindo uma maior intercepção da radiação solar no coberto vegetal (Shellie, 2006). Esta diminuição do crescimento vegetativo permite, muitas vezes, uma paragem do crescimento dos lançamentos ao pintor (Magalhães, 2008). Castellarin *et al.* (2007) apontam que esta paragem ao pintor torna os bagos, os receptores prioritários dos fotoassimilados, evitando assim os atrasos na maturação que resultam da continuação do crescimento vegetativo nesta fase. Vários autores como Matthews *et al.* (1990) e Myburgh *et al.* (2003) consideram o período antes do pintor, o mais sensível, em termos de rendimento, ao *stress* hídrico. Segundo Matthews e Anderson (1989), o rendimento parece depender mais da disponibilidade hídrica antes do pintor, apesar do défice hídrico ser geralmente mais acentuado no final da estação.

Durante a maturação, formam-se os compostos que mais influenciam a qualidade das uvas. Logo, as condições durante a maturação, bem como a sua duração, terão um grande impacto na qualidade das uvas (Hidalgo, 2002; Ferreyra *et al.*, 2002). No caso de existir um excesso de água neste período, poderá resultar na continuação do crescimento vegetativo, o que irá fazer com que os fotoassimilados que estariam destinados aos bagos sejam desviados, além disso, aumentará em demasia a área foliar, o que pode provocar um sombreamento excessivo nos cachos, o que é negativo, pois poderá conduzir a atrasos de maturação ou mesmo a maturações incompletas (Lopes, 1994; Ferreyra *et al.*, 2002). Por outro lado, o *stress* hídrico faz com que ocorra uma diminuição da taxa fotossintética e da própria superfície fotossintética activa, devido à senescência prematura e queda das folhas da base dos lançamentos. Assim, a acumulação de fotoassimilados é afectada, e semelhantemente à situação de excesso de água, origina atrasos na maturação ou maturações incompletas (Lopes, 1994; Wample, 2001). Devido à diminuição da área foliar,

os cachos poderão ficar demasiado expostos à radiação solar, podendo resultar em escaldões ou no emurchecimento dos bagos que resulta em mostos desequilibrados, com Brix elevado e baixa acidez (Doorenbos, 1986). Mais uma vez o ideal é manter as videiras sujeitas a um défice hídrico moderado (Ferreyra *et al.*, 2002). Este défice aplicado após o pintor diminuirá o tamanho dos bagos (Gurovich e Vergara, 2005), melhorando a relação película/polpa, coerente com uma melhoria da qualidade, ao nível de compostos como os açúcares, aromas e compostos fenólicos (Doorenbos, 1986; Van Leewen e Seguin, 1994; Ferreyra *et al.*, 2002).

Finalmente, após a vindima e até à queda da folha, poderá ser desejável recorrer à rega para permitir a persistência das folhas e, em consequência, promover a acumulação de reservas a partir dos produtos da fotossíntese, elaborados por aquela área foliar ainda activa. Habitualmente não há crescimento vegetativo, logo há vantagem em ter alguma água disponível para manter a folhagem sã e prevenir a queda prematura das mesmas, como referido anteriormente (Doorenbos *et al.*, 1986). Uma vez que o prolongamento da actividade fotossintética aumentará a acumulação de reservas de hidratos de carbono e azoto nas partes perenes das videiras (Hidalgo, 2002).

A regulação da administração de água permitirá assim, conseguir o equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (Matthews *et al.*, 1987).

A conclusão das ideias apresentadas remete para a imposição de um *stress* hídrico moderado, pois apesar de se verificar um efeito depressivo moderado sobre a fotossíntese, terá consequências favoráveis sobre a elaboração dos compostos associados à qualidade. Comparativamente a uma situação de conforto hídrico, o *stress* moderado induz um avanço da maturação e um maior teor em açúcar devido ao melhor microclima do cacho e a redução da competição vegetação/maturação. Os resultados reportados na literatura apontam todos para a necessidade de um *stress* moderado para se obter vinhos de elevada qualidade.

## **2.4. Monitorização da rega**

Este subtema já referido de modo sintético nos anteriores, como é de grande relevância, é importante que seja bem abordado. Porque, como já referido anteriormente, a aplicação de sistemas de rega localizada na vinha é uma realidade que, quando optimizada, se traduz na obtenção de resultados positivos nas empresas vitivinícolas.

A rega tem, regra geral, como objectivo repor no solo em tempo oportuno e na zona explorada pelas raízes, a água consumida pela evapotranspiração. As necessidades de água das culturas correspondem à sua procura evapotranspirativa num dado ambiente e sistema de produção e são a base para a gestão da rega (Oliveira e Silva *et al.*, 2013).

Qualquer que seja a estratégia de rega adoptada, esta pode ser mensurável, uma vez que é monitorizada. A informação daí resultante permite-nos efectuar alterações que conduzem a um melhor aproveitamento da rega utilizada. Consequentemente, poderá ser criada uma base de dados das estratégias aplicadas apoiando, desta forma, as decisões futuras.

A monitorização contínua da rega é essencial para entender as relações água-planta-solo, o seu desenvolvimento radicular, o efeito das condições climáticas, as diversas intervenções fitossanitárias ao longo do ciclo, e uma avaliação do sistema de rega existente. O sucesso do vitivinicultor ao nível da produção depende da sua capacidade para assimilar e interpretar as condições em que a sua vinha se desenvolve.

Para a rega da vinha, pode recorrer-se aos métodos de sulcos ou alagamento, aspersão e gota-a-gota. Sendo este último, o mais difundido actualmente, devido às suas vantagens comparativamente com os outros (Magalhães, 2008). Apesar de requerer um maior grau de exigência em termos de especialização, em termos de instalação e de utilização, são várias as mais-valias referenciadas face aos restantes métodos (Doorenbos *et al.*, 1986; Wample, 2001; Hidalgo, 2002). Conseguem-se ganhos operacionais consideráveis uma vez que, com os acessórios adequados, é possível utilizar o sistema de rega gota-a-gota para aplicar fertilizantes. A rega gota-a-gota promove uma distribuição mais lateral e localizada da água, levando a uma maior concentração radicular próxima da superfície e do gotejador e limitando a exploração das camadas mais profundas. Neste caso, pode criar-se uma dependência ainda maior da rega com as fertilizações mas, vários autores encaram tal fenómeno como uma oportunidade, já que dispondo de tais recursos se poderá ter um melhor controlo do vigor e uma maior estabilidade do estado hídrico das videiras (Ferreira *et al.*, 2002; Gaudillère *et al.*, 2002; Souza *et al.*, 2005).

Segundo Lopes (2008), a máxima eficiência da rega obtém-se quando toda a água aplicada é usada para obter a produção potencial com a qualidade desejada. A execução correcta das estratégias de rega deficitária exige a conjugação de tecnologia diversa com observações visuais e com muita experiência e registos históricos.

O controlo da rega deficitária deve apoiar-se na monitorização do maior número possível de indicadores de forma a permitir a quantificação da quantidade de água adequada para criar e/ou manter o nível de *stress* moderado pretendido. Ou seja, a quantidade que se rega depende da capacidade de armazenamento de água do solo ou da frequência de rega seleccionada, que pode depender do nível desejado de *stress* hídrico (Wample, 2000). O momento ideal de rega pode ser indicado por determinação de um valor crítico de água no solo ou do estado hídrico da planta (ex.: potencial hídrico).

Ou seja, o planeamento e a gestão de rega deficitária exigem vários pontos a ter em conta. São eles, a definição exacta dos objectivos de produção (pois cada empresa quer para si determinados tipos de vinho) e a muita experiência e conhecimentos. Adicionalmente, o

conhecimento das características do solo e volume explorado pelas raízes; o conhecimento da resposta da casta ao *stress* hídrico; a existência de tecnologia para monitorização ambiental e da planta e observações visuais constantes para assim, acompanhar o processo passo a passo são pontos essenciais.

## **2.5. Estratégias de rega deficitária**

Em viticultura, o conceito de rega deficitária consiste em proporcionar um uso racional da rega (Cifre *et al.*, 2005).

A maioria dos autores defendem a rega deficitária como a melhor estratégia para controlar o vigor das videiras (Stoll *et al.*, 2000; Dry *et al.*, 2001; Bravdo, 2005). Santos *et al.* (2007) apontam que estas estratégias são relativamente recentes para a regulação do crescimento das uvas, melhorando a sua qualidade e o uso eficiente de água.

Foram desenvolvidas novas metodologias de rega deficitária, tais como a rega deficitária controlada (RDI - “regulated deficit irrigation”) e a rega parcial do volume radicular (PRD - “partial rootzone drying”). O seu principal objectivo foi o aumento da eficiência do uso da água da cultura (Loveys *et al.*, 1997; Dry *et al.*, 2001; Maroco *et al.*, 2002; Souza *et al.*, 2005) levando, por isso, a importantes reduções do uso da água na agricultura (Stikic *et al.*, 2003).

Se geridas de forma eficaz e conveniente, as duas técnicas resultam na melhoria da eficiência hídrica da cultura e da qualidade da uva (Dry *et al.*, 2001).

A rega deficitária permite a manipulação do crescimento, produção e composição da uva.

### **2.5.1. Rega deficitária controlada: RDI**

Na rega deficitária controlada são impostos diferentes níveis de restrição hídrica, ao longo dos períodos críticos do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das culturas (McCarthy, 1997; Dry *et al.*, 2001), sem que se verifiquem quebras na produção e melhorando a qualidade da mesma (Poni *et al.*, 2005). Esta estratégia tem sido explorada para controlar a componente vegetativa da videiras bem como a produção e a qualidade dos cachos (McCarthy, 1997), reduzindo a quantidade de água aplicada no solo (através da rega) em períodos específicos durante a fase de crescimento. A intensidade deve ser diferenciada em função dos objectivos pretendidos. A frequência de rega é imposta através da determinação do potencial hídrico da planta (Kriedemann e Goodwin, 2003).

Deste modo, o objectivo é ter o controlo do desenvolvimento vegetativo (Gurovich e Vergara, 2005; Kriedemann e Goodwin, 2003), melhorar a eficiência de uso da água (Kriedemann e Goodwin, 2003), otimizar o tamanho do bago e com isso a qualidade através

de um possível aumento da concentração de alguns compostos nobres que se encontram maioritariamente na película (Gurovich e Vergara, 2005).

De acordo com Dry *et al.* (2001), a RDI é usada para manipular a qualidade das uvas, aplicando um défice hídrico importante imediatamente depois do vingamento. O *stress* de água também deve ser imposto depois do pintor para aumentar a acumulação de antocianinas (Santos *et al.*, 2007). Matthews *et al.* (1987) também observaram que uma quantidade de água reduzida imposta antes do pintor causa uma maior redução no tamanho do bago do que depois do pintor. Esta redução do tamanho do bago é importante pois os compostos do aroma que determinam a qualidade do vinho, estão maioritariamente localizados na película e uma melhor relação película/polpa, muito provavelmente irá melhorar a qualidade do bago (Dry *et al.*, 2001).

Por sua vez, Dry e Loveys (1998) consideram que é entre a fase do vingamento e o pintor que se conseguem melhores resultados no controlo do vigor dado que um *stress* hídrico moderado após o pintor pouco efeito tem no crescimento dos sarmentos (Naor *et al.*, 1993; Poni *et al.*, 1994).

Goodwin (2002) também estudou toda a envolvente desta estratégia, defendendo que pode ser aplicada do vingamento ao pintor, do pintor à vindima ou nas duas épocas. Os efeitos da aplicação nestas três épocas podem ser resumidos da seguinte forma:

1 - Do vingamento ao pintor: Antes do pintor, a RDI oferece o maior potencial para reduzir o crescimento excessivo dos lançamentos. Em níveis moderados de *stress* de água, o crescimento vegetativo pode ser significativamente reduzido com apenas uma pequena diminuição no rendimento. A redução da produção é atribuída a bagos menores. Na vindima, o °Brix pode aumentar ligeiramente (isto é, maturação avançada) e é provavelmente relacionado com a redução do tamanho dos bagos.

2 - Do pintor à vindima: Depois do pintor, a RDI pode fazer aumentar a cor do vinho, o aroma e o sabor. O rendimento será significativamente reduzido devido à diminuição do tamanho dos bagos. O crescimento das netas também diminuirá.

3 - Do vingamento à vindima: A RDI durante todo este tempo proporciona uma redução do crescimento vegetativo e da produção, mantendo (ou aumentando) o Brix, reduzindo o ácido tartárico e aumentando o pH.

Sintetizando, este autor afirma que se a água é limitada, as regas devem-se suceder para evitar *stress* hídrico durante a floração e o vingamento. Um *stress* excessivo deve ser evitado durante a maturação, depois da vindima.

A técnica RDI permite reduzir eficazmente o vigor das videiras, diminuindo os riscos de doenças e pragas, melhorando a qualidade dos vinhos (Jackson e Lombard, 1993). Um problema que a RDI apresenta é que o *stress* severo pode comprometer o rendimento (Tardieu e Simonneau 1998; Wilkinson e Davies 2002).



A RDI utiliza o *stress* hídrico moderado para obtenção dos objectivos pré-definidos e, como tal, o conhecimento da disponibilidade hídrica do solo é um ponto crítico da aplicação desta técnica, de modo a assegurar que não se impõe um *stress* hídrico excessivo sobre a videira (Dry, 2005). Os efeitos da RDI são determinados pela oportunidade (estado fenológico em que se induzem condições de *stress* hídrico) e intensidade (níveis de *stress* hídrico impostos e sua duração) do *stress* hídrico controlado, que permitirão determinar uma estratégia óptima (Gurovich e Vergara, 2005).

Segundo Lopes (2008) esta estratégia de rega é usada sobretudo para produção de vinhos tintos de qualidade, sobretudo devido à aplicação de quantidades de água inferiores ao consumo máximo da cultura durante períodos específicos da estação de crescimento. A RDI induz um *stress* moderado controlado que leva à redução do crescimento da vegetação e dos bagos e à melhoria da qualidade da uva (Battilani, 2000; McCarthy, 2000; Wample, 2000; Lopes *et al.*, 2001).

A RDI tem demonstrado ser uma excelente técnica para alcançar um bom equilíbrio entre o crescimento vegetativo e reprodutivo da videira e por isso mesmo, é bastante utilizada pois garante a produção de uvas com elevado potencial enológico.

### **2.5.2. Rega alternada de uma parte das raízes: PRD**

Na rega parcial de uma parte das raízes (“Partial Rootzone Drying”), provoca-se *stress* hídrico numa parte da zona envolvente do sistema radicular, enquanto a outra se mantém humedecida pela rega (Dry e Loveys, 1999; Stoll *et al.*, 2000). É uma estratégia desenvolvida na Austrália (Dry *et al.*, 2001), que envolve um sistema de rega gota-a-gota com duas linhas de gotejadores que permitem que a rega seja feita alternadamente cada 10 a 15 dias (Dry e Loveys, 1999), dependente do tipo de solo. A zona em dessecação provoca uma estimulação das respostas associadas ao *stress* hídrico - produção de sinais químicos nas raízes (ex: ABA – ácido abscísico) e a sua translocação para a parte aérea - que induz uma redução da condutância estomática ( $g_s$ ) e do crescimento vegetativo (Loveys e Davies, 2004); na zona húmida, o constante fornecimento de água às raízes permite a manutenção de um estado hídrico favorável. Estas duas consequências reflectem-se então, por um lado, numa inibição do crescimento com redução do vigor e da densidade do coberto; por outro, num incremento na eficiência do uso da água, sem que haja uma alteração significativa no rendimento (Dry *et al.*, 2001).

Esta estratégia tem como base, manter a videira a funcionar a níveis tais que permitam limitar o crescimento vegetativo, manter o rendimento e a qualidade e aumentar a eficiência de uso da água. A aplicação deste tipo de rega exige uma boa monitorização do teor em água no solo para uma correcta definição da alternância.

A PRD é aplicada do vingamento até à vindima sendo os seus inconvenientes, o preço (é mais cara) e a exigência (é mais exigente) que a RDI. No entanto, apresenta algumas vantagens como o menor risco de aparecimento de escaldão nas folhas e cachos que aparecem em vinhas com RDI em situações de vagas de calor (Lopes, 2008) sobretudo pelo facto de haver sempre uma parte das raízes em solo humedecido. Outra vantagem, segundo alguns trabalhos, é a estimulação do crescimento radicular em profundidade permitindo à planta explorar outras reservas de água e nutrientes ao longo do perfil do solo (Dry *et al.*, 2000; Kang *et al.*, 2002), ao contrário de outros métodos de rega onde o sistema radicular se torna mais superficial (Proffitt *et al.*, 1985, Carmi *et al.*, 1992). Os resultados de um ensaio conduzido por Dry *et al.* (2001) mostram que outra vantagem do PRD consiste na melhoria qualitativa das uvas, sobretudo pelo aumento do teor em antocianas, acidez e, por vezes, da intensidade aromática. Santos *et al.* (2007) mais uma vez referem ganhos ao nível da composição fenólica e do potencial aromático em videiras sujeitas a PRD. Aliadas a este facto, várias experiências realizadas na Austrália, mostraram um efeito favorável que esta técnica tem na composição das uvas e na qualidade do vinho, existindo contudo, alguma controvérsia. Por exemplo, reduções na densidade do coberto devido à PRD, aplicada em vinhas de *Cabernet Sauvignon*, tende a reduzir o pH das uvas e a diminuir as concentrações de antocianas e de compostos fenólicos (Dry *et al.*, 2001). O problema com estes ensaios de PRD é que é difícil determinar se as alterações na qualidade do bago são devido aos efeitos de PRD por si só ou apenas devido à redução no total de água aplicada. Um estudo californiano concluiu que é a quantidade de água que afecta as respostas fisiológicas da vinha em vez de ser o tipo de rega, afectando portanto, a qualidade dos cachos e o rendimento (Gu *et al.*, 2004). Todavia, também há trabalhos que não assinalam desigualdades entre esta estratégia e a rega gota-a-gota convencionais (Santos *et al.*, 2003; Intrigliolo e Castel, 2009). Estes aparentes paradoxos podem ser relacionados com as diferenças na intensidade da sinalização química sob irrigação PRD que parece ser ditada pelo tipo de solo, a precipitação prevalente e a demanda de evaporação na região, bem como a frequência de interrupção de irrigação a partir de um lado da zona radicular para o outro (Dry *et al.*, 2001; Chaves *et al.*, 2007). O que também pode explicar estes resultados divergentes, são as diferenças de genótipo ao nível da sensibilidade dos estomas ao *stress* hídrico ou no transporte de ABA do porta-enxerto (De la Hera *et al.*, 2007). Intrigliolo e Castel (2009) desaconselham mesmo o PRD dados os custos de instalação acrescidos que implicam.

O PRD é sobretudo aplicada em situações de recursos hídricos limitados, podendo obter-se uma melhoria qualitativa do mosto e vinho, sem alteração significativa da produtividade (Magalhães, 2008).

## 2.6. Indicadores do estado hídrico da videira

É fundamental avaliar com rigor e em tempo real, o estado hídrico da videira bem como as disponibilidades de água do solo (intensidade, duração e importância da carência hídrica). O acompanhamento ao longo do seu ciclo vegetativo poderá permitir ao técnico e ao viticultor decidir quando e como actuar. Da determinação das necessidades e momentos de rega, à decisão de efectuar uma despona ou uma desfolha (para diminuir a área foliar e por consequência, a área transpirante), até à definição da própria data de vindima, as possibilidades de acção no domínio das relações hídricas são variadas (Bernard *et al.*, 2004). Payan *et al.* (2006) afirma que é, portanto indispensável dispor-se em tempo útil de informação fidedigna que permita tomar a melhor opção técnica para a concretização dos objectivos produtivos. Entre as várias ferramentas actualmente disponíveis, encontram-se métodos baseados na avaliação do estado hídrico do solo ou das plantas (Williams, 2001; Intrigliolo *et al.*, 2007; Zufferey e Murisier, 2007).

### 2.6.1. Indicadores fisiológicos

Com a utilização de estratégias de rega como a RDI e a PRD, a condução da rega tornou-se mais exigente do ponto de vista de técnicas de monitorização. Com efeito, a alteração da distribuição da água na zona radicular provoca uma modificação na fisiologia da videira sobretudo em resultado de sinais químicos produzidos nas raízes existentes na zona do solo em dessecação (Lopes, 2008). A detecção das alterações fisiológicas provocadas por estes sinais não pode ser feita apenas através da monitorização das variáveis ambientais, sendo fundamental monitorizar o estado hídrico da videira de forma a obter informação mais robusta para uma eficaz gestão da rega deficitária. Os indicadores baseados em parâmetros fisiológicos da videira são particularmente úteis na monitorização do seu estado hídrico, sendo também cada vez mais utilizados na definição de itinerários hídricos que permitam atingir as melhores condições para a vinha (Handley, 2001; Deloire *et al.*, 2005; Girona, 2006).

#### 2.6.1.1. Potencial Hídrico

O estado hídrico da planta resulta do balanço entre a absorção e perdas de água por transpiração. O potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) é um bom indicador do estado hídrico pois traduz fisicamente o estado energético da água na planta. Os factores que determinam  $\Psi_f$  são o potencial médio do solo na zona radicular, a evapotranspiração real instantânea e a resistência do circuito principal solo-folha (Lopes, 2008).

Desde o desenvolvimento da câmara de pressão (Scholander *et al.*, 1965), a medição do potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) tem sido empregue para avaliar o estado hídrico das plantas (Jones, 1990; Koide *et al.*, 1989). Este aparelho é constituído por uma câmara hermética, onde é introduzida a folha, cujo pecíolo faz ligação com o exterior através de um pequeno orifício existente na tampa da câmara. No interior desta, é aplicado azoto sobre pressão crescente, medida por um manómetro. A partir do momento em que é exsudada a seiva pelo corte feito no pecíolo, é registada a respectiva tensão (em - MPa) que corresponde ao potencial hídrico foliar.

Dependendo do momento em que se realizam as medições, há que considerar o potencial de base e o potencial mínimo. É usual apenas recorrer-se ao  $\Psi_b$  (potencial hídrico foliar de base que é medido de madrugada), uma vez que se pode partir do princípio que antes do nascer do sol, os estomas ainda estão fechados e que há um equilíbrio entre o potencial hídrico do solo e o da planta (Silvestre *et al.*, 2007). E que, por outro lado, existem também, para determinadas situações específicas, ligações significativas entre o  $\Psi_b$  e o  $\Psi_h$  (potencial hídrico foliar registado ao meio dia) (Sibile *et al.*, 2007). Embora, se possam estabelecer relações entre o potencial hídrico durante o dia e o potencial hídrico de base, elas não são contudo lineares, pois dependem não só da casta, mas também das características de implementação do sistema radicular ao longo do solo, bem como de outros factores (Magalhães, 2008). A planta, quanto menos água livre tiver, em resultado de uma menor disponibilidade hídrica, maior será a pressão necessária para provocar a sua saída pelo pecíolo, ou seja, mais negativo será o  $\Psi_f$  (Deloire *et al.*, 2005).

O potencial hídrico foliar de base é por muitos considerado o melhor parâmetro para definir a condição hídrica da videira num determinado momento (Smart e Coombe, 1982). Na verdade, tem sido correlacionado com a constituição das uvas (Naor *et al.*, 1994; Williams *et al.*, 1994), com o crescimento vegetativo (Schultz e Matthews, 1988, 1993) e com a produção (Greenspan *et al.*, 1996; Grimes e Williams, 1990). Este indicador, também tem sido usado como um factor no modelo funcional de condutância estomática das videiras (Winkel e Rambal, 1990).

É certo que o estado hídrico da videira varia consideravelmente em função da fase do ciclo, da hora do dia e da disponibilidade em água no solo. Em condições de solo bem provido de água e num dia de céu limpo, o  $\Psi_f$  começa a diminuir rapidamente no início da manhã, continua a baixar até cerca do meio-dia solar e recupera durante a tarde, atingindo o seu valor máximo durante a noite (Lopes, 2008). É de relevância focar que a evolução do potencial hídrico foliar ao longo do dia resulta, não só da disponibilidade em água no solo, mas também das condições meteorológicas que determinam o poder evaporativo da atmosfera, da condutividade hidráulica interna das plantas e do controlo estomático (Choné *et al.*, 2001 Medrano *et al.*, 2007).

Salientando a ideia, o potencial hídrico foliar de base fornece-nos uma estimativa do potencial de água do volume de solo explorado pelas raízes, revelando a disponibilidade hídrica da planta mais correcto que os valores de  $\Psi_f$  diurnos que são afectados pelos factores climáticos e, nas plantas sob deficiência hídrica, pelo controlo endógeno dos estomas sobre as perdas de água por transpiração (Chaves e Rodrigues, 1987; Lopes, 1994). Lopes *et al.* (1998) verificaram a existência de uma estreita dependência do potencial hídrico foliar de base relativamente à variação da percentagem de água disponível no solo, confirmando a sua importância como um bom indicador da disponibilidade hídrica do solo e da actividade fisiológica da videira, sobretudo em condições de secura. Como desvantagens do  $\Psi_b$  refere-se a necessidade de ser medido de madrugada e não permitir avaliar o pico de *stress* diurno.

Então, as medições de potencial hídrico foliar de base são uma acção que tem sido feita em estudos, as videiras estão em equilíbrio com o potencial de água do solo desde que a medição seja feita antes do nascer do sol (Correia *et al.*, 1995; Schultz, 1996; Winkel e Rambal, 1993).

Associando este tema à fotossíntese, é complicado apontar a partir de que valor de potencial hídrico diminui a mesma. Uma vez que varia consoante a história da planta, conforme os ciclos precedentes, o local, as condições ambientais actuais, a casta (Lovisol *et al.*, 2010) e a idade foliar (Patakas *et al.*, 1997), entre outros factores. Choné *et al.* (2001) defendem que o tipo de solo pode também influenciar o valor de potencial hídrico. Contudo, dada a importância desta medição que é a mais aceite pelo sector e comunidade científica, vários investigadores forneceram valores de referência do potencial hídrico para conhecer as restrições hídricas da videira, inclusive as relações ao longo do ciclo vegetativo (Carbonneau, 2002; Ojeda, 2007).

Pode-se utilizar os valores do potencial de base para quantificar o nível de *stress* atingido pela planta (Ojeda *et al.*, 2001), como está apresentado na figura 2.1.

POTENCIAL DE BASE $\Psi_b$ (MPa)	Défice Hídrico
$0,0 > \Psi_b > - 0,2$	stress nulo
$- 0,2 > \Psi_b > - 0,4$	stress ligeiro
$- 0,4 > \Psi_b > - 0,6$	stress moderado
$- 0,6 > \Psi_b$	stress severo

**Figura 2.1** - Correspondência entre valores de potencial de base e estado hídrico da videira (Carbonneau, 1998).

Quanto ao potencial hídrico medido ao meio-dia solar ( $\Psi_h$ ): a medição a esta hora, quando há regulação estomática e há actividade na planta (transpiração, fotossíntese, etc.), em folhas expostas, tem como o objectivo indicar o potencial mínimo de água na folha experimentado pela planta durante o dia (Van Leeuwen *et al.*, 2009). Este método pode ser o mais prático para os produtores implementarem devido ao seu procedimento simples, rápido e pelo facto de poder ser feito durante o horário normal de trabalho. No entanto, devido ao comportamento isohídrico de algumas castas, este método nem sempre reflecte o verdadeiro estado hídrico da planta (Lovisolo *et al.*, 2010; Chaves *et al.*, 2010).

Há artigos que sugerem que o meio-dia ou medições diurnas de potencial não fornecem uma estimativa confiável do estado hídrico da planta, como já foi dito anteriormente. Isto foi devido à falta de correlação entre o  $\Psi_f$  e outros parâmetros fisiológicos, medidas de crescimento, ou quantidade de água aplicada (Choné *et al.*, 2001; Garnier e Berger, 1985; Higgs e Jones, 1990; Naor, 1998). Portanto, outros métodos de avaliação do estado hídrico têm sido usados, para além do potencial hídrico de base  $\Psi_b$ , como o potencial hídrico do caule  $\Psi_{\text{stem}}$ .

O potencial de água do caule ( $\Psi_{\text{stem}}$ ) é medido através do procedimento de revestir as folhas com papel de alumínio, a qualquer hora do dia, para impedir a sua transpiração, que se equilibra assim com a do pânpano (Begg e Turner, 1970). Tem-se mostrado menos variável do que o potencial hídrico foliar de base e melhorou a capacidade de detectar diferenças pequenas, mas estatisticamente significativas entre os tratamentos (McCutchan e Shackel, 1992). Constatou-se também que existe uma diferença clara entre o potencial de água do caule entre dois tratamentos de rega que ocorreram numa data anterior (uma semana) durante o período de crescimento do que as diferenças de ambos para os mesmos tratamentos (Selles e Berger, 1990). A medição do  $\Psi_{\text{stem}}$  apresenta uma maior sensibilidade às variações de disponibilidade hídrica relativamente ao  $\Psi$  diurno, fruto da boa correlação encontrada com a transpiração (Choné *et al.*, 2001; Ferreyra *et al.*, 2002; Deloire *et al.*, 2005). Esta tem sido também bem relacionada com outros indicadores de *stress* hídrico como o abrandamento do crescimento vegetal e o peso dos bagos (Van Leeuwen *et al.*, 2009). No entanto o  $\Psi_{\text{stem}}$  é também dependente das condições atmosféricas, nomeadamente da radiação, temperatura e o défice de pressão vapor (VPD) (Santesban *et al.*, 2011). Williams e Baeza (2007) verificaram que o  $\Psi_{\text{stem}}$  varia em função da temperatura ambiente e do VPD no momento da medição, em vinhas com conforto hídrico. No entanto, em vinhas com *stress* hídrico, o VPD terá menor influência na variação do  $\Psi_{\text{stem}}$  (Williams e Trout 2005; Santesban *et al.*, 2011). Santesban *et al.* (2011), num estudo observaram que a temperatura do ar era mais influente que o VPD e a evapotranspiração ao meio-dia. Segundo os mesmos autores a quantidade de cachos e a área foliar também influenciam o

$\Psi_{\text{stem}}$ .

A medição do potencial hídrico tem a grande vantagem de utilizar equipamentos simples e fáceis de usar, tornando-o uma opção atractiva para a medição da resposta da videira à rega. Actualmente é uma medição já muito usada em vinhas comerciais.

#### 2.6.1.2. Trocas gasosas

A medição das trocas gasosas entre a folha e a atmosfera pode ser avaliada pelo equipamento designado por IRGA - Analizador de Gases por Infravermelhos, o qual regista a temperatura do ar ( $T_a$ ) e da folha ( $T_f$ ), a transpiração ( $E$ ), a fixação de  $CO_2$  ( $A$ ) e a condutância estomática ( $g_s$ ). Cifre *et al.* (2005) referem que uma das primeiras reacções da planta a uma situação de baixa disponibilidade hídrica consiste na diminuição da abertura estomática. Percebe-se imediatamente que, sendo assim, as trocas gasosas podem ser um importante indicador de stress hídrico (Flexas *et al.*, 2004; Cifre *et al.*, 2005; Medrano *et al.*, 2007). A condutância estomática ( $g_s$ ) é considerada por Flexas *et al.* (2004), um sinal associado à resposta da planta ao défice hídrico. A grande ligação existente entre a  $g_s$  e a fotossíntese pode ser utilizada para monitorizar o estado hídrico da planta (Flexas *et al.*, 2002; Cifre *et al.*, 2005). Porém, visto que na resposta da fotossíntese ao stress hídrico podem estar envolvidas limitações não estomáticas, sobretudo em situações de maior severidade, a avaliação da  $g_s$  deve ser complementada com a taxa de assimilação líquida de  $CO_2$  ( $A$ ). A razão  $A/g_s$  (eficiência intrínseca do uso de água) permitirá avaliar o tipo de limitações envolvidas na resposta da fotossíntese à carência hídrica (Flexas *et al.*, 2004). Alguns autores indicam que para permitir uma razão  $A/g_s$  máxima, uma rápida recuperação da fotossíntese após a rega e uma melhor qualidade das uvas, com perdas reduzidas comparativamente a uma rega intensiva, a  $g_s$  deve manter-se num determinado intervalo ( $0,15 > g_s > 0,05 \text{ mol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), correspondente a um stress hídrico moderado (Flexas *et al.*, 2002; Medrano *et al.*, 2002; Cifre *et al.*, 2005). Estes consideram que a rega apenas deve ser aplicada quando os valores de  $g_s$  forem inferiores ao limite mínimo deste intervalo (Medrano *et al.*, 2002; Cifre *et al.*, 2005).

Magalhães (2008) defende que num dia de Verão de céu limpo, desde a aurora até meio do dia, a  $T_f$  vai-se tornando superior a  $T_a$ , enquanto  $g_s$  diminui, com consequente redução de  $E$  e de  $A$  devida ao encerramento progressivo dos estomas, cujos valores fornecem a evolução do estado hídrico das folhas.

Apesar de Intrigliolo *et al.* (2009) considerarem os valores obtidos com o IRGA extremamente fiável para este fim e da vantagem de se tratar de um método não destrutivo, este tipo de equipamento não é muito usado em explorações comerciais, facto a que não é alheio o seu elevado custo e a especialização exigida para o seu manuseamento, mas ainda assim, recorre-se ao mesmo para fins científicos (Intrigliolo *et al.*, 2007). Além disso,

tratando-se de medições em folhas individuais, a amostragem é sempre complexa e as medições, tornam-se bastante demoradas.

### **2.6.1.3. Dendrometria**

A expansão/contracção dos tecidos extensíveis da planta fornece-nos uma medida indirecta da taxa de transpiração durante o dia e está relacionada com alterações no teor de água e turgescência potencial das células (Lopes, 2008). O mesmo autor defende que a medição contínua das oscilações do diâmetro do tronco pode ser feita usando dendrómetros de precisão ligados a unidades de aquisição de dados. Com base na amplitude de variação (diferença entre o valor máximo, que se obtém no início da manhã e o valor mínimo) estabelecem-se relações com o estado hídrico da planta. Esta tecnologia tem bastante sucesso e, portanto, bastante procura nesta questão da gestão da rega da vinha.

### **2.6.1.4. Termometria e termografia**

O saber inerente à subida da temperatura com o incremento do *stresse* hídrico, em consequência do encerramento estomático (Fuchs, 1990), levou nos últimos anos ao aparecimento de novos métodos sensoriais térmicos de detecção de *stresse* hídrico, baseados em termometria por infravermelhos (Anconelli e Battilani, 2000; Jones e Leinonen, 2003). Estes métodos são bastante rápidos e práticos aliando o benefício de não requererem o contacto directo com as folhas, o que preserva a resposta estomática (Garcia *et al.*, 2000). A conjugação da termometria com o processamento da imagem digital é uma excelente ferramenta para a detecção rápida da existência de *stress* hídrico na videira tornando-se bastante útil na programação da rega (Giuliani e Flore, 2000).

Portanto, este é um método baseado no princípio de que, quando há limitação hídrica, os estomas encerram para diminuir a transpiração, pelo que a temperatura da folha se eleva, existindo portanto um menor dispêndio de energia calorífica para a evaporação das moléculas de água e consequentemente um aquecimento das folhas (Smart e Robinson, 1992; Bernard *et al.*, 2004). Ou seja, o papel da transpiração no sistema de regulação térmica das plantas está na base desta abordagem.

Com efeito, é a evaporação da água a partir dos estomas que permite o arrefecimento das folhas, pelo que a taxa de transpiração pode ser deduzida a partir da diferença de temperatura entre a folha e o ar (Lopes, 2008). Uma das formas mais fáceis de medir a temperatura do coberto consiste na utilização de termómetros de infra-vermelhos. Trata-se de uma técnica fácil, rápida e não invasiva que permite integrar a temperatura de várias zonas do coberto ou mesmo de uma vinha inteira no caso de levantamentos por via aérea



(Cifre *et al.*, 2005). Os termómetros fornecem um índice de *stress* obtido a partir da relação entre a diferença de temperatura entre a folha e o ar e o déficit de pressão de vapor, relação que é específica de cada cultura. Porém, podem surgir erros, uma vez que não se diferenciam folhas expostas das folhas sombreadas, nem mesmo do tronco, postes, solo, céu ou outros elementos externos que possam inadvertidamente ter sido incluídos na leitura, aliado ao facto das medições da generalidade dos termómetros de infravermelhos serem na realidade uma média de toda a área coberta (Jones *et al.*, 2002; Grant *et al.*, 2007).

Recentemente surgiram câmaras portáteis de infra-vermelhos que registam imagens térmicas de uma superfície. Posteriormente, um programa de computador trata as imagens permitindo a determinação e visualização da temperatura média numa dada superfície de interesse, bem como, a distribuição de frequências da temperatura através de diferentes cores (Lopes, 2008). Esta técnica dá acessibilidade à distribuição da temperatura dos bagos dentro de um cacho e, conseqüentemente contribui para a definição das técnicas de gestão da folhagem. Trata-se de uma tecnologia cara, que requer um suporte informático sofisticado, de análise complexa e cuja adaptação a uma escala regional por via de imagens de satélite é dificultada pela forte absorção da radiação infravermelha pela atmosfera (Medrano *et al.*, 2007).

A termografia por infravermelhos permite-nos obter a temperatura média do coberto vegetal de uma videira ou de um conjunto de videiras evitando a interferência de zonas não foliares (solo, tronco, buracos da sebe). Assim, Jones *et al.* (2002) consideram esta metodologia mais precisa para a medição do estado hídrico da videira que a termometria por infravermelhos. Segundo Santos *et al.* (2007), a última apenas nos dá acesso a valores de um determinado alvo, abrangendo possíveis buracos da sebe, tronco, solo e céu. O que dá origem a erros na estimativa da temperatura do coberto vegetal (Moran *et al.*, 1994). Contudo, ambos os métodos exigem uma calibração adequada, por serem afectados pelas condições ambientais bem como pela abertura estomática (Jones, 2004).

#### **2.6.1.5. Fluxo de seiva**

Ultimamente tem havido cada vez mais interesse na determinação da taxa de transpiração através da medição da velocidade do fluxo de seiva no xilema (Yunusa *et al.*, 2000; Trambouze e Voltz, 2001; Cifre *et al.*, 2005; Malheiro, 2005; Patakas *et al.*, 2005; Intrigliolo *et al.*, 2009).

A medição do fluxo de seiva, através de sensores colocados ou no tronco ou no ramo, fornece uma boa estimativa do consumo de água na planta sem perturbar as condições ambientais das folhas. Este método parte do princípio que o fluxo de seiva ao longo do tronco de uma planta equivale à sua transpiração total (Trambouze *et al.*, 1998). Por isso, é

um método que fornece muita informação e é extremamente funcional. Possibilita uma monitorização contínua das perdas de água da planta e das suas necessidades em resposta às variáveis ambientais (Lu *et al.*, 2003; Cifre *et al.*, 2005; Patakas *et al.*, 2005; Medrano *et al.*, 2007).

Ainda que haja a defesa da fiabilidade deste método no que diz respeito à gestão do estado hídrico da vinha por vários autores (Ginestar *et al.*, 1998; Trambouze *et al.*, 1998; Lu *et al.*, 2003; Patakas *et al.*, 2005; Medrano *et al.*, 2007), outros refutem, pondo em causa a sua precisão, e referindo a necessidade de calibração para cada local com recurso a outros métodos e que, ainda assim, os seus resultados ficariam aquém de equipamentos alternativos, como o IRGA (Yunusa *et al.*, 2000; Intrigliolo *et al.*, 2009). Há que ter em atenção ao pormenor importante: tratando-se duma técnica intrusiva, pode haver interferência com o desempenho natural da planta (Cifre *et al.*, 2005). Além de se tratar de uma instalação fixa e portanto menos flexível e os seus custos de implantação são elevados.

Trata-se de uma técnica robusta, já desenvolvida para uso comercial, que, quando instalada no tronco, fornece uma indicação das perdas de águas de toda a videira.

#### **2.6.1.6. Fito-monitores**

Actualmente, já existem equipamentos que integram vários tipos de fito-sensores e sensores ambientais, permitindo a automatização da medida de vários indicadores ambientais e fisiológicos e o envio da informação por telemetria (Lopes, 2008). Estes equipamentos, designados fito-monitores, constituem um excelente sistema de suporte à decisão, permitindo a condução da rega em tempo real.

Estes fito-monitores já são usados no estrangeiro em vinhas comerciais, começando agora a dar os primeiros passos em Portugal.

#### **2.6.2. Aparência e características da vegetação**

A observação da videira, resultante de maior ou menor disponibilidade hídrica, pode constituir quer uma ferramenta de complemento a outros métodos quantificados de cálculo da rega, quer uma orientação sobre os critérios de rega (Lissarrague *et al.*, 2007).

Lopes (2008) e Magalhães (2008) enumeram pormenorizadamente uma série de características morfológicas que a videira apresenta, conforme a sua disponibilidade hídrica, ajudando assim a monitorizar questões relacionadas com a rega. As observações são feitas essencialmente feitas através do tacto, e visualmente, pela aparência da videira. As

características de seguida apresentadas são descritas por ambos os autores já mencionados.

Quando há conforto hídrico, os ramos em crescimento rápido têm um aspecto macio e cor verde amarelada e as gavinhas apresentam-se erectas.

À medida que o *stress* hídrico se desenvolve, o crescimento dos lançamentos é atenuado, o crescimento dos entrenós é reduzido e os meristemas terminais tornam-se duros e verdes escuros. Este quadro é frequentemente acompanhado por uma alteração do ângulo peciolar da folha, que se torna mais reduzido, ao tombar o limbo, no sentido do solo.

Também, a simples avaliação da temperatura da folha por toque pode revelar a situação de *stress*, já que, se ela é superior à do ambiente, revela menor transpiração.

Um *stress* hídrico moderado pode provocar o amarelecimento das folhas da base enquanto, um *stress* severo induz uma senescência e abscisão prematuras.

No período que decorre entre o vingamento e o pintor, a observação da evolução do volume dos bagos pode também fornecer sugestões importantes para o critério da rega a atribuir. Já que um crescimento em volume elevado, associado a elevada disponibilidade hídrica, pode ser prejudicial às futuras condições de maturação, por diminuição da relação entre área da película e volume total do bago. Pelo contrário, disponibilidades hídricas ou regas moderadas permitem um crescimento do bago mais consentâneo com as características qualitativas das uvas à vindima.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Neste capítulo apresentam-se os materiais e métodos utilizados nas medições efectuadas neste trabalho.

#### **3.1. Introdução**

Este trabalho realizou-se durante o ciclo vegetativo de 2014, na Região Demarcada dos Vinhos Verdes, com a casta Alvarinho (*Vitis Vinifera* L.), numa parcela experimental da Quinta da Aveleda, em Penafiel. Estudaram-se estratégias de rega para assim, estudar os efeitos que as diferentes modalidades têm na qualidade das uvas.

#### **3.2. Região Demarcada dos Vinhos Verdes**

Localizada no Noroeste de Portugal, na sua maior parte coincidente com a região do país chamada de Entre Douro e Minho, a região dos Vinhos Verdes oferece um conjunto de formas tão nitidamente diferenciadas das regiões vitícolas do país, que lhe dão um carácter próprio. É uma região rica em recursos hidrográficos, pois é limitada a norte pelo rio Minho e a Oeste pelo Oceano Atlântico.

Os solos são maioritariamente graníticos e pouco profundos. Estes solos da região são bastante heterogéneos, existindo desde os solos aluvionais formados por deposição de materiais desagregados das encostas e que são arrastados para os pontos mais baixos onde depositam, até aos solos de afloramentos rochosos (Litossolos). São normalmente terrenos com uma acidez elevada e com baixo nível de fósforo, originando por isso uma baixa fertilidade (Magalhães, 2008).

O clima é influenciado pelas brisas marítimas do Oceano Atlântico pelo que as temperaturas são amenas. Os níveis de precipitação são elevados e, mesmo no Verão, há precipitação, por vezes, de dias seguidos, constituindo por isso um nível alto de humidade atmosférica. Trata-se de um enquadramento climático muito particular a nível mundial, no qual se destacam como já referido, uma elevada queda pluviométrica; alta humidade atmosférica; temperaturas amenas; baixa amplitude térmica e acentuada nebulosidade. É então, um clima temperado, com Invernos suaves e chuvosos, Verões não excessivamente quentes, sendo por isso as amplitudes térmicas, entre os meses de maior e menor temperatura, relativamente pequenas (Magalhães, 2008).

Subsistem ainda, embora residualmente, as mais antigas formas de condução de vinha, destacando-se a de enforcado que tem a característica de as videiras serem plantadas junto a uma árvore crescendo apoiadas nos ramos da árvore que lhe servem de suporte. No

presente, a maioria das novas explorações optaram por novos métodos de condução de vinha. As castas brancas mais utilizadas na produção são: as castas Alvarinho, Loureiro, Trajadura, Avesso, Arinto e Azal.

Como é de prever, esta região também apresenta problemas fitossanitários. As particularidades climáticas da região (pluviometria muito elevada, com clima relativamente moderado de acentuada higrometria), as inúmeras castas de grande expansão vegetativa e os sistemas de condução, propiciam o desenvolvimento de doenças e pragas em ritmo invulgar. De um modo bastante geral, poder-se-á dizer que na Região dos Vinhos Verdes se poderão graduar os principais inimigos desta cultura, considerando a importância económica dos estragos, em três doenças: Míldio, Podridão cinzenta e Oídio e duas pragas: Traça-da-uva e Cigarrinha Verde.

Sabendo que se divide em nove sub-regiões, cada uma produz Vinhos Verdes distintos, havendo diferenças nas características dos vinhos produzidos. O Alvarinho de Monção é seco e bastante encorpado, enquanto o Loureiro é suave e perfumado. O Arinto produz-se nas bacias do Cávado e Ave, por vezes associado à casta Loureiro. Nas sub-regiões de Baião, Resende e Cinfães, as mais a Sul, predomina a casta Avesso, finalmente a casta Azal predomina na sub-região de Amarante e Basto.

Em Portugal, o Vinho Verde tem lugar marcado no reino dos vinhos. Uma verdadeira jóia que vale a pena descobrir e saborear. A região minhota cria preciosidades que ficam em nós para sempre.

### **3.3. Caracterização do Ensaio**

#### **3.3.1. Descrição da Parcela Experimental**

O ensaio decorreu numa parcela de vinha da empresa Quinta da Aveleda, localizada na Freguesia e Concelho de Penafiel, Distrito do Porto (Latitude 41° 12' 29,603" N, Longitude 8° 18' 20,117" W). O ensaio foi instalado no ano 2014, numa parcela de vinha da casta *Alvarinho* que se chama Aperrela, instalada no ano 2007 sobre o porta-enxerto 3309 C. A vinha tem um compasso de 2,5 x 1,0 m (densidade de 4000 plantas/ ha) e está conduzida em monoplano vertical ascendente, com uma altura de tronco de 65 cm, com uma poda mista de vara e talão, com orientação Noroeste-Sudoeste, com um ligeiro declive Norte-Sul. Esta parcela de vinha é regada desde 2010.

A figura 3.1 mostra uma fotografia aérea da parcela onde foi instalado o ensaio.



**Figura 3.1** - Fotografia aérea da parcela onde decorreu o ensaio, Quinta da Aveleda, Penafiel, 2014 (Fonte: Google Earth acedido a 23 de Maio de 2014).

### 3.3.2. Características Edafoclimáticas

A Quinta da Aveleda, segundo a classificação de Köppen Csb, encontra-se sobre influência de um clima mediterrânico, quente e temperado. Caracteriza-se por invernos frios e húmidos e verões brandos, sendo que no mês mais quente e seco (15 mm) a temperatura média é de 20.3°C. A temperatura média anual em Penafiel é de 14°C; por sua vez, a pluviosidade média anual é alta: 1221 mm. Os invernos apresentam grande parte da concentração da precipitação média anual, nomeadamente Janeiro que é o mês com maior precipitação, apresentando uma média de 168 mm (Feio, 1991).

A vinha está plantada em solos pouco profundos e porosos, o que leva à pouca retenção de água. Apresentam texturas arenosas a franco-arenosas (ligeiras); são pobres em elementos como o fósforo e o potássio e com acidez naturalmente elevada, possuindo uma fertilidade relativamente baixa (Magalhães, 2008).

### 3.3.3. Caracterização do Material Vegetal

#### 3.3.3.1. Casta Alvarinho

É uma casta nobre da Região dos Vinhos Verdes. Recomendada na Sub-Região de Monção para a produção de vinho com Denominação *Alvarinho*. Dada a sua elevada qualidade tem sido levada para outros pontos da região, do país e mesmo para o estrangeiro.

Magalhães (2008) apresenta uma série de características distintas desta casta. Ao nível da morfologia, a casta Alvarinho apresenta folhas jovens de cor amarela com manchas bronzeadas, cotanilhosa na página inferior e penugenta na página superior. Em adulta, a

folha é pequena, orbicular e geralmente inteira ou com seios laterais pouco marcados, com bordos revolutos e medianamente bolhosa. Tem dentes curtos e convexos. E o seu seio peciolar é aberto com base em V. Os entrenós e nós dos pâmpanos são vermelhos na face dorsal, verdes na face ventral, com gomos característicos por terem uma forte pigmentação antociânica IVV (2011).

Relativamente ao cacho, este é pequeno, de forma cônica, com um nível de compactação mediano. É um cacho alado, frequentemente duplo pelo desenvolvimento da asa. Os bagos são pequenos com forma arredondada. A sua cor é verde-amarelada, com tons rosados quando muito expostos ao sol. A película tem espessura média, sendo a polpa mole e sumarenta.

Em termos fenológicos, esta variedade apresenta, em média, um abrolhamento, floração e pintor médios, comparativamente com a casta Fernão Pires (utilizada como referência para as castas brancas), apenas a maturação é medianamente precoce em relação à casta de referência (Böhm, 2007).

Para o Alvarinho, recomenda-se como sistema de poda, a vara longa pois com poda curta, irá haver uma produção significativamente menor (Magalhães, 2008). Os seus solos favoráveis são os derivados de granito e o que lhe é conveniente, apresentar em termos de clima, é elevada insolação e moderada disponibilidade hídrica.

Produz mostos muito ricos em açúcares, contudo apresenta um elevado teor em ácidos orgânicos (Magalhães, 2008).

Enologicamente, esta é uma variedade que produz vinhos de mesa de alta qualidade com uma análise sensorial floral, de frutos de árvore e frutos tropicais, muito boa estrutura, equilíbrio e persistência (Cerdeira, 2004). O vinho elementar caracteriza-se por uma cor intensa, palha, com reflexos citrinos, aroma intenso, distinto e complexo.

### **3.3.3.2. Porta Enxerto 3309 C**

O porta-enxerto 3309 Couderc (3309 C), apesar de estar bastante expandido em diversas regiões vitícolas europeias importantes, associado a altos níveis qualitativos dos vinhos, em Portugal a sua expressão é reduzida. Tal facto dever-se-á provavelmente à sua inadaptação quer a solos muito pobres e secos (Carbonneau, 1985), cujo sangue riparia x rupestris não se coaduna, quer a solos muito férteis e fundos, onde imprime vigor elevado e atraso na maturação. Ora, em Portugal poucos serão os *terroirs* que se aproximem das características das daquelas regiões. Mas existem outras, seguramente, onde o solo não seja demasiado pobre e onde o vigor e a produção tenham de ser comedidos, onde o 3309 C se adaptará favoravelmente (Magalhães, 2008).

Em termos morfológicos, a extremidade do seu ramo jovem é fechada com fraca densidade de pêlos erectos. A folha jovem é acobreada e tem a particularidade da página inferior da quarta folha ser expandida e ter fraca densidade de pêlos erectos.

Em relação aos pâmpanos, a face dorsal tem nós e entrenós vermelhos com estrias vermelhas na face central. As gavinhas são curtas e têm uma distribuição regular descontínua; quanto à flor, esta é masculina apresentando aroma característico (Duarte e Dias, 1991).

A folha adulta é pequena mas inteira, cuneiforme, de cor verde apresentando nas nervuras principais, pigmentação antociânica fraca. O limbo é em goteira e sem empolamento, os dentes são médios e convexos e o seio peciolar é em U e aberto, apresentando as folhas jovens e o seio peciolar em V com os bordos convexos.

De acordo com o descrito por Duarte e Dias (1991), a sua resposta de enraizamento é boa sendo que a resposta à enxertia quer no local quer à mão é razoável. É sensível aos nematodes do género *Meloidogynae* e à filoxera galícola (origina-lhe galhas nas folhas).

O quadro 3.1. mostra de modo sintético mais características e aptidões culturais deste porta-enxerto.

**Quadro 3.1** - Características e aptidões culturais do porta-enxerto 3309 Couderc. (Fonte: Duarte e Dias (1991)).

Variedade	Vigor	Resposta Enraizamento	Resposta à Enxertia		Resistência		Comportamento em relação		Acção sobre o ciclo vegetativo
			Local Def.	Mão	Calcário Activo	Secura	Humidade	Salinidade	
3309 C	Médio	Boa	Boa	Boa	11%	Sensível	Sensível	Resist. Nula	Avança

### 3.3.4. Delineamento Experimental e Esquema de Irrigação

O delineamento experimental consistiu na aplicação de um sistema de blocos casualizados de 4 modalidades, com 3 repetições (Fig. 3.2):

R0: Testemunha não regada (0% ETc)

R1: Rega baseada no potencial hídrico foliar de base ( $\Psi_b \leq -0,2$  MPa)

R2: Rega baseada na evapotranspiração potencial (75% ETc)

R3: Rega baseada na evapotranspiração potencial (100% ETc)



Linha		Bloco I				Bloco II				Bloco III			
		6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
	1	R1	R3	R0	R2	R3	R1	R2	R0	R0	R1	R3	R2
	2	R1	R3	R0	R2	R3	R1	R2	R0	R0	R1	R3	R2
	3	R1	R3	R0	R2	R3	R1	R2	R0	R0	R1	R3	R2
	4	R1	R3	R0	R2	R3	R1	R2	R0	R0	R1	R3	R2
	5	R1	R3	R0	R2	R3	R1	R2	R0	R0	R1	R3	R2
Videira	6	R1	R3	R0	R2	R3	R1	R2	R0	R0	R1	R3	R2
	7	R1	R3	R0	R2	R3	R1	R2	R0	R0	R1	R3	R2
	8	R1	R3	R0	R2	R3	R1	R2	R0	R0	R1	R3	R2
	9	R1	R3	R0	R2	R3	R1	R2	R0	R0	R1	R3	R2
	10	R1	R3	R0	R2	R3	R1	R2	R0	R0	R1	R3	R2

**Figura 3.2** - Esquema do delineamento experimental do ensaio, estabelecido em blocos, com as modalidades: R0 - Testemunha não regada; R1 - Rega baseada no potencial hídrico foliar de base; R2 - 75% ETc e R3 - 100% ETc.

Cada bloco possui uma linha de cada tratamento, onde foram seleccionadas 10 videiras por unidade experimental mínima, existindo duas linhas de guarda entre cada modalidade.

### 3.3.5. Operações Culturais

Todas as operações culturais efectuadas na campanha de 2014 foram determinadas pelo responsável da viticultura da empresa e realizadas de forma homogénea em todo o ensaio de modo a evitar factores de variação. Sendo que estas foram as seguintes: poda, espampa, orientação da vegetação (realizada três vezes), desladioamento aquando da orientação da sebe, despontas mecânicas (efectuadas duas vezes), tratamentos fitossanitários, controlos de infestantes com capinadora, aplicações de herbicidas na linha (duas vezes) e mobilizações de solo (ripagem a 40 cm e posterior gradagem).

## 3.4. Metodologias Utilizadas

### 3.4.1. Estados Fenológicos

A observação e registo dos estados fenológicos ao longo do ciclo vegetativo é uma informação relevante, visto permitir o estabelecimento de uma escala de tempo biológico (Carbonneau, 1981). Realizou-se o acompanhamento da fenologia das videiras em estudo, segundo a escala de Baggiolini (anexo 1), após cuidada observação da vinha, tendo-se registado os principais estados fenológicos. Os registos basearam-se na observação de 5 videiras úteis duma linha seleccionada de forma aleatória.

### 3.4.2. Carga à Poda, Abrolhamento e Fertilidade

A carga à poda foi registada no dia 22 de Abril, ou seja, foi registado o número de olhos deixados à poda por videira em cada uma das videiras úteis das 12 linhas em estudo, de forma a obter a informação do número médio de olhos por videira deixados à poda.

No mesmo dia foi registada a Taxa de Abrolhamento, um indicador que permite estimar o número de olhos deixados à poda que efectivamente abrolharam. Fez-se na totalidade das videiras úteis da parcela experimental (10 videiras por cada uma das 12 linhas em estudo, num total de 120 videiras). Também se apontou, o respectivo número de inflorescências. Antes desta contagem foi necessário fazer uma despampa, de forma a controlar o número de sarmentos, em todas as videiras do ensaio.

A percentagem de abrolhamento e a fertilidade foram calculadas respectivamente através das equações 3.1 e 3.2:

$$\% \text{ Abrolhamento} = \frac{N^{\circ} \text{ de olhos abrolhados}}{N^{\circ} \text{ de olhos deixados à poda}} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

$$\text{Índice de Fertilidade Potencial: } IF_{pr} = \frac{N^{\circ} \text{ de Inflorescências}}{N^{\circ} \text{ de olhos deixados à poda}} \quad (\text{Eq. 3.2})$$

### 3.4.3. Área Foliar

O cálculo da área foliar fornece um índice muito útil para avaliar os efeitos das técnicas culturais, particularmente no que se refere às técnicas de gestão da folhagem e às potencialidades do sistema de condução (Murisier, 1996), estimar o vigor (Champagnol, 1984), caracterizar a densidade da sebe e o microclima luminoso (Lopes, 1994), entre outras possibilidades.

A área foliar foi estimada segundo a metodologia definida por Lopes e Pinto (2005). Para este efeito, foram seleccionadas três videiras por cada unidade experimental e em cada uma delas foi seleccionado um sarmento de vigor médio, o que deu um total de nove sarmentos por modalidade.

Durante este estudo foram feitas quatro medições de área foliar, tendo sido realizadas em todas as modalidades. A primeira medição foi feita dia 16/05/2014. No dia 19/06/2014, repetiu-se todo o procedimento, bem como nos dias 24/07/2014 e 04/09/2014.

Em cada videira escolheu-se um sarmento normal, frutífero, representativo em termos de vigor, e onde se efectuaram os seguintes registos:

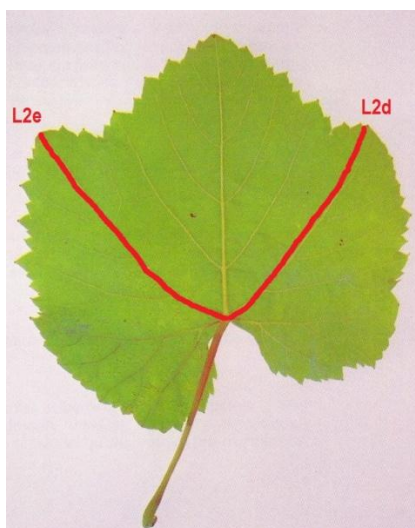
Número de folhas principais (nervura principal > 3cm);

Comprimento das nervuras laterais L2e e L2d da folha principal maior e menor;

Número de folhas das netas (nervura principal > 3cm);

Comprimento das nervuras laterais L2e e L2d da folha de neta maior e menor

(Figura 3.3)



**Figura 3.3** - Esquema da localização da nervura lateral esquerda (L2e) e direita (L2d), na folha de videira da casta Alvarinho.

As equações de determinação são as propostas por Lopes e Pinto (2005).

O modelo utilizado estima a área foliar total a partir da área foliar principal e da área foliar secundária, segundo os mesmos autores.

Para a determinação da área foliar de uma folha ( $AF_{folha}$ ) utilizou-se uma equação que relaciona a área da folha com a soma dos comprimentos das suas nervuras secundárias (L2).

A estimativa da área foliar unitária foi feita com base na seguinte equação 3.3 (Lopes e Pinto 2005):

$$AF_{folha} (cm^2) = 0.2365 \times L2^{2.2162} \quad (\text{Eq. 3.3})$$

A estimativa da área foliar principal por sarmento, foi calculada com base na relação entre o número de folhas do sarmento (NF) e a média entre a área foliar da folha principal de maior dimensão ( $AF_{maior}$ ) e a área foliar da folha principal de menor dimensão ( $AF_{menor}$ ) através da seguinte Equação 3.4 (Lopes e Pinto, 2005):

$$AF_{\text{princ}} = \text{Exp} [0,0835 + 0,992 \times \text{Ln}(((AF_{\text{maior}} + AF_{\text{menor}})/2) \times NF)] \quad (\text{Eq. 3.4})$$

A área foliar secundária por sarmento também foi também estimada segundo esta metodologia, relacionando o número de folhas netas do sarmento em questão (NF), a média da área foliar da neta maior ( $AF_{\text{max}}$ ) e a área foliar da neta menor ( $AF_{\text{med}}$ ), relação esquematizada pela seguinte Equação 3.5 (Lopes e Pinto, 2005):

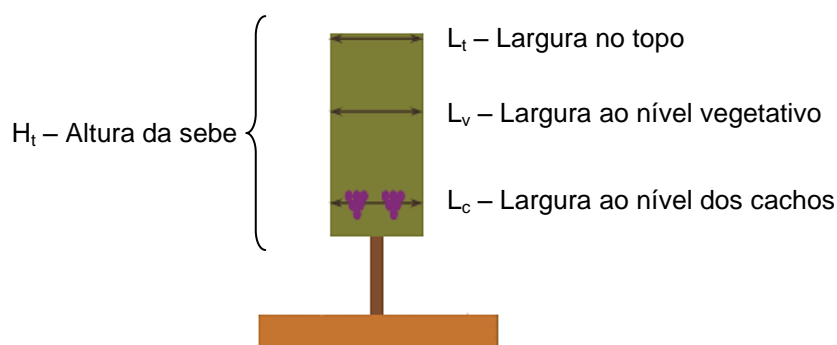
$$AF_{\text{sec}} = \text{Exp} [0,346 + 1,029 \times \text{Ln}(AF_{\text{med}} \cdot NF) - 0,125 \times \text{Ln}(AF_{\text{max}})] \quad (\text{Eq. 3.5})$$

A área foliar total do sarmento obtém-se somando os valores da área foliar principal com os das netas. Através da multiplicação do valor médio da área foliar por sarmento pelo número médio de sarmentos de uma videira, obteve-se a área foliar total por videira. A percentagem de área foliar das netas é calculada através da divisão entre a área foliar secundária e a área foliar total.

#### 3.4.4. Dimensões da Sebe e Superfície Foliar Exposta

As dimensões da sebe são determinadas com base na altura da sebe e também da sua largura, nomeadamente ao nível da base da sebe, dos cachos e do topo, como mostra a figura 3.4.

Tem como principal objectivo, determinar a superfície foliar exposta (Carbonneau, 1981). A caracterização das dimensões do coberto baseou-se na estimação da Superfície Foliar Exposta (SFE), proposta por Murisier e Zufferey (1997), obtida a partir do perímetro exposto. A recolha de dados foi feita no dia 24 de Julho. Através de uma barra de madeira, graduada foram recolhidos os dados referentes às variáveis: altura da sebe ( $H_t$ ), largura ao nível vegetativo ( $L_v$ ), largura ao nível dos cachos ( $L_c$ ) e largura no topo da sebe ( $L_t$ ).



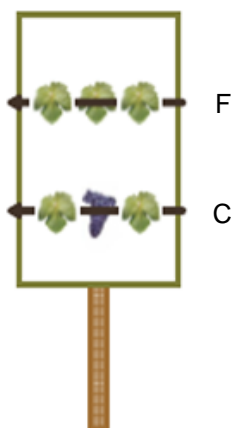
**Figura 3.4** - Esquema de medição das dimensões da sebe.

A superfície foliar exposta (SFE) foi calculada com base na Equação 3.6:

$$\text{SFE (m}^2\text{/ha)} = (2 \times H_t + L_{\text{média}}) \times n^{\circ} \text{ de metros de sebe/ha} \quad (\text{Eq. 3.6})$$

### 3.4.5. Porosidade da Sebe e Número de Camada de Folhas

A determinação do número de camadas de folhas (NCF) foi realizada dia 24 de Julho. Tem como finalidade avaliar a densidade/porosidade do coberto. Foi utilizado o método conhecido por “Point Quadrat”, proposto por Smart e Robinson (1991). Este método consiste na inserção horizontal de uma barra de madeira em vários pontos equidistantes, ao nível dos cachos e ao nível vegetativo, como se representa na figura 3.5. Para tal, procedeu-se à colocação da barra paralelamente à linha das videiras e contabilizou-se, em 4 inserções, em 5 videiras, no total de 15 videiras por modalidade, o número de contactos com folhas (F), cachos (C) ou espaços vazios (buracos-0).



**Figura 3.5** - Representação do processo de avaliação do NCF numa sebe. A seta representa a barra que atravessa o coberto ao nível dos cachos (C) e ao nível vegetativo (V).

Os resultados das medições realizadas foram apresentados da seguinte forma:

$$\text{Número de camadas de folhas} = \text{NCF} = \frac{N^{\circ} \text{ Total de folhas tocadas}}{N^{\circ} \text{ Total de inserções}} \quad (\text{Eq. 3.7})$$

$$\text{Porosidade do coberto} = \% \text{ de buracos} = \frac{N^{\circ} \text{ Total de Buracos}}{N^{\circ} \text{ Total de inserções}} \times 100 \quad (\text{Eq. 3.8})$$

$$\% \text{ de folhas interiores} = \frac{N^{\circ} \text{Total de folhas interiores}}{N^{\circ} \text{Total de folhas}} \times 100 \quad (\text{Eq. 3.9})$$

$$\% \text{ de cachos exteriores} = \frac{N^{\circ} \text{Total de cachos exteriores}}{N^{\circ} \text{Total de cachos}} \times 100 \quad (\text{Eq. 3.10})$$

### 3.4.6. Medições Fisiológicas

#### 3.4.6.1. Cálculo da $ET_0$ e cálculo das necessidades de rega

Para o cálculo da evapotranspiração potencial,  $ET_0$ , utilizou-se a equação de Hargreaves Samani, (HS), que tem sido muito utilizada para este efeito. Escolheu-se este método, tendo em conta os dados que a estação meteorológica da Quinta da Aveleda proporcionou. Os resultados indicam uma boa correlação entre a  $ET_0$  obtida por este método e a obtida pelo método de Penman-Monteith, (PM), que exige um conjunto maior de parâmetros, sendo eles, a temperatura, a humidade relativa, a radiação e a velocidade do vento (Shahidian *et al.*, 2001). Estes mesmos autores referem que esta metodologia permite calcular de forma expedita e sem grande investimento na aquisição e manutenção de estações meteorológicas o consumo de água pelas plantas e o ajuste da dotação aplicada às necessidades reais das plantas.

Hargreaves e Samani (1985) desenvolveram uma equação simples que necessita apenas da temperatura do ar, e coeficientes dependentes da latitude do local e época do ano. Esta equação, conhecida como a equação de Hargreaves Samani pode ser expressa da seguinte forma:

$$ET_0 = 0.0135 K_T (T+17.78) (T_{\max}-T_{\min})^{0.5} R_a \quad (\text{Eq. 3.11})$$

Sendo:

$K_T$ : Coeficiente empírico (normalmente assume o valor de 0.17);

$T$ : Temperatura média do ar;

$T_{\max}$ : Temperatura máxima do ar;

$T_{\min}$ : Temperatura mínima do ar;

$R_a$ : Radiação extraterrestre em  $\text{mm dia}^{-1}$  (assume o valor de 0.408 se  $R_a$  for expresso em  $\text{MJm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ).

Posteriormente, com base na  $ET_0$  e com base na precipitação do período em questão, obtiveram-se os parâmetros para o cálculo das necessidades de rega bem como, o número de horas de rega necessárias.

### 3.4.6.2. Estado Hídrico das videiras

Durante vários anos, os fisiologistas vegetais tiveram problemas de limitação a nível da investigação do estado hídrico das plantas, devido à carência de um método simples, rápido e portátil. Para satisfazer esta necessidade, Sholander *et al.* (1965) desenvolveram uma técnica que mede o potencial hídrico em unidades de pressão. O método consiste em aplicar pressão sobre uma folha recém-cortada até que apareça água na extremidade do pecíolo.

As medições sucessivas do potencial hídrico foliar ( $\psi_f$ ) foram realizadas com uma câmara de pressão (Manofrígido S.A.) (Figura 3.6), de acordo com o descrito por Sholander *et al.* (1965), adaptada às características da folha de videira (Ojeda, 2001). Trata-se de uma metodologia destrutiva, em que foram colhidas duas folhas adultas por cada linha de trabalho. Cada folha foi retirada de uma videira diferente, sã, da zona mais exposta do coberto e no terço médio dos sarmentos. Este método consiste na colocação de uma folha no interior da câmara de pressão, com a maior brevidade possível após a sua colheita. Por isso, de forma a reduzir ao mínimo o tempo das medições e os erros resultantes do transporte entre a colheita da folha e a medição, a câmara foi colocada o mais próximo possível das videiras. Após realizar um pequeno corte no pecíolo, de forma a facilitar a visibilidade, introduziu-se a folha na câmara de pressão onde o pecíolo fica exposto. Posteriormente, foi introduzido azoto sob pressão na câmara e aquando do aparecimento do fluxo xilémico na superfície de corte do pecíolo, registou-se o valor da pressão.



**Figura 3.6** - Câmara de pressão (Manofrígido S.A.).

Para a estimativa do teor de água no solo na zona radicular, foi usado o potencial hídrico foliar de base ( $\psi_b$ ), que é medido antes do nascer do sol, no qual ainda não se verifica actividade estomática e cujos valores revelam aproximadamente o potencial de água no solo e permitem inferir sobre o nível de stress hídrico da planta ( $\Psi$  de base). Os registos foram recolhidos em 6 datas (10 de Maio, 16 de Junho, 11 de Julho, 24 de Julho, 4 de Agosto e 4 de Setembro). Este foi o indicador escolhido pois se por um lado, ao contrário dos valores de  $\psi_f$  diurnos, não está dependente das alterações do ambiente aéreo, por outro as plantas durante a noite, dado anularem a transpiração, ficam em equilíbrio hídrico com o solo na zona de absorção.

### **3.4.7. Evolução da Maturação**

O controlo da evolução da maturação foi efectuado através de amostragens de bagos. O método utilizado consistiu na colheita aleatória de bagos.

Este ano foram realizados apenas dois controlos de maturação. Em cada unidade experimental foram colhidas, dos dois lados da sebe, bagos de cachos situados na zona basal, média e apical, em cachos de várias ordens e dispostos em zonas diferentes da sebe (zonas interiores e exteriores). Todo este procedimento tem a finalidade de minimizar os desvios de maturação tanto a nível da variabilidade da parcela, como de microclima dos cachos. Em cada modalidade foram seleccionados 100 bagos, para fazer uma análise mais completa através da metodologia proposta por Carbonneau e Champagnol (1993). Também foram colhidos 100 bagos de duas linhas, adjacentes às linhas de estudo do ensaio, de modo a avaliar os resultados da prática da Aveleda.

Os 100 bagos de cada amostra foram analisados no laboratório da Quinta da Aveleda, onde foram avaliados os seguintes parâmetros: o grau álcool provável, a acidez total, o pH, o azoto assimilável, o ácido málico e o ácido tartárico.

### **3.4.8. Produção e Vindima**

A marcação da data de vindima foi feita tendo em conta os resultados obtidos durante o controlo da maturação e, também através da prova de bagos pelas equipas de enologia e viticultura para se tentar encontrar o melhor equilíbrio nas uvas. Este procedimento é sempre muito importante e completa os controlos de maturação nas tomadas de decisão final.

A vindima realizou-se no dia 11/09/2014 no momento em que a casta Alvarinho atingiu a sua maturação tecnológica completa. Esta operação foi realizada de forma manual e



individualmente em cada uma das 120 videiras úteis do ensaio (10 videiras em cada linha), onde foram contabilizados e pesados os respectivos cachos numa balança digital.

#### **3.4.9. Microvinificação**

Todas as modalidades em estudo foram alvo de separação de cachos correspondentes a cada modalidade descrita para a realização de microvinificações.

Portanto, foram realizadas microvinificações, contudo os seus resultados não serão apresentados por ainda não existirem dados, no momento da escrita deste trabalho.

#### **3.5. Análise Estatística dos Resultados**

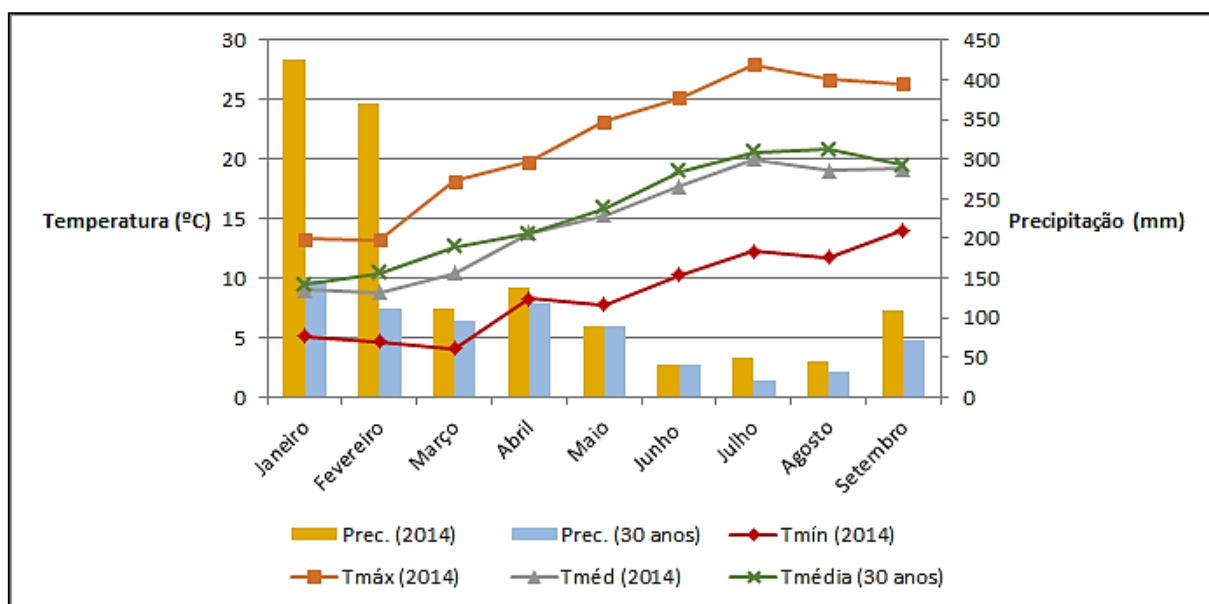
Os dados foram registados em folha de cálculo Excel e posteriormente tratados com recurso ao programa “SPSS”. Foi efectuado o teste F para a análise de variância, onde os parâmetros não significativos foram marcados com a etiqueta ns e os significativos levaram \* (para  $p < 0,05$ ), \*\* (para  $p < 0,01$ ) e \*\*\* (para  $p < 0,001$ ). Sempre que a análise revelou significância estatística, realizou-se a comparação das médias através do teste da mínima diferença significativa (LSD).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Clima e dados meteorológicos do ciclo vegetativo de 2014

O clima influencia os mecanismos fisiológicos da videira com reflexo na qualidade e quantidade da produção vitivinícola (Magalhães, 2008). Assim, a viticultura apresenta exigências apenas capazes de serem satisfeitas por determinados climas os quais, determinam a sua potencial localização (Tonietto, 1999; Matsoukis *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2011 e Santos *et al.*, 2012).

Na figura 4.1 podemos comparar os dados meteorológicos, de precipitação e temperatura, de 2014, com um período de referência (1981-2010) que corresponde aos valores médios destes dois dados climatológicos de 30 anos, da Estação Meteorológica do Porto.



**Figura 4.1** - Climatograma de 2014. Dados meteorológicos de 2014 obtidos na estação meteorológica instalada na Quinta da Avelada; Dados de 30 anos obtidos na fonte: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/014/>).

Podemos observar que foi um ano atípico, essencialmente no que diz respeito à precipitação. Foi um ano extremamente chuvoso durante o Inverno, superior ao expectável para a região dos Vinhos Verdes, contudo também ocorreu muita precipitação durante o Verão. Sendo de salientar que em todos os meses registados sem excepção, a precipitação é superior à média de precipitação dos 30 anos, ainda que os meses de Maio e Junho apresentem valores muito próximos. Deste modo, verificamos que a precipitação total

acumulada entre Janeiro e Setembro no ano do ensaio foi de 1383,00 mm vs. 725,50 mm acumulados, no mesmo período, na média dos 30 anos.

No que diz respeito às temperaturas médias mensais do ar, estas oscilaram entre valores muito próximos, sendo as temperaturas médias de 2014 relativamente mais baixas comparativamente com a média dos 30 anos. No entanto, em Abril a temperatura média foi superior à média dos 30 anos, apresentando valores muito próximos. Verifica-se que em 2014, o mês mais quente foi Julho enquanto, o mês mais quente da média dos 30 anos foi Agosto. Contudo, analisando a temperatura máxima de 2014, percebe-se que não houve temperaturas mensais superiores a 30 °C.

#### **4.2. Evolução da fenologia**

No anexo 1 está representado a evolução fenológica segundo a escala de Baggiolini (1952), a partir de qual se definiu a fenologia da casta. No anexo 2 apresenta-se um quadro com as datas concretas dos respectivos estados fenológicos das videiras do ensaio realizado na Quinta da Aveleda.

O princípio da actividade vegetativa do ano de 2014 revelou-se precoce, em termos de abrolhamento. A média do abrolhamento (50% dos gomos em estado B/ Gomo de Algodão) da casta Alvarinho ocorreu na terceira semana de Março e a floração (estado I) a meio de Maio (dia 14). Ainda assim, analisando a precocidade da casta em relação à casta-padrão - Fernão Pires -, verifica-se que esta apresenta uma data média de abrolhamento posterior.

A temperatura média de Março até dia 20 (data em que ocorreu o abrolhamento de 50% dos gomos em fase B de algodão) provocou um abrolhamento rápido.

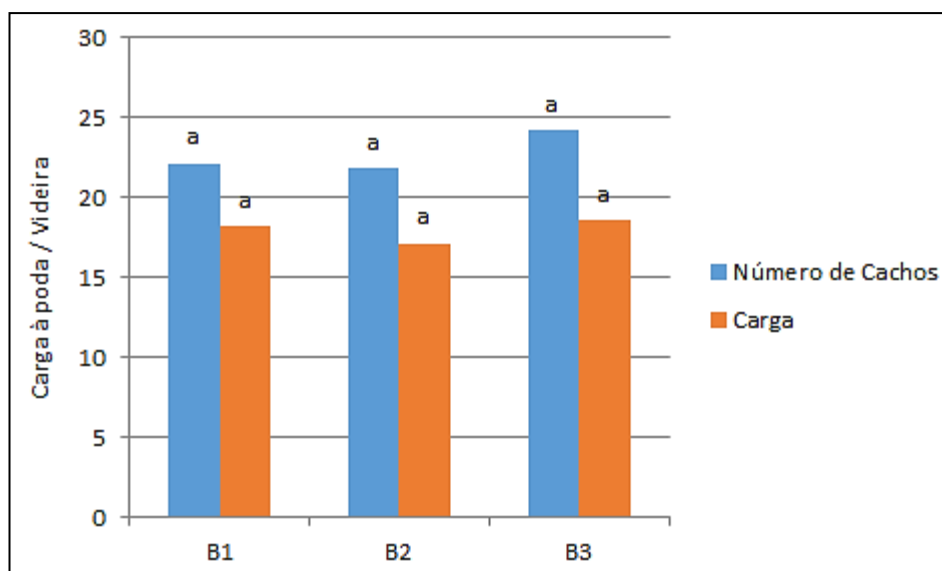
As condições climáticas de meados de Abril até meados de Junho foram muito irregulares e atípicas, particularmente o período que abrangeu a floração, com precipitação e temperaturas mínimas muito baixas para a época. As castas mais precoces iniciaram a floração com tempo razoável mas logo se seguiu o período de precipitação e baixas temperaturas, recuperando no final do mês, o que fez com que a floração tivesse decorrido ligeiramente mais lenta do que no ano anterior. Tal facto confirma os dados publicados pelo EVAG (Estação Vitivinícola Amândio Galhano).

#### **4.3. Carga à poda e número de cachos**

Segundo Castro *et al.* (2006) a carga à poda é um dos factores fundamentais que influencia o número e o crescimento dos sarmentos, a área foliar, o microclima do coberto e o número de cachos e seu respectivo peso. Lopes (1994) defende que a carga óptima é o nível de

carga que proporciona o melhor equilíbrio entre o vigor, a produção e a maturação, bem como a manutenção desse potencial ao longo da vida da planta.

Como resultados da carga à poda e do número de cachos por videira, (figura 4.2) obtiveram-se valores claramente idênticos para os diferentes blocos. Não havendo nenhum bloco que apresente diferenças significativas a nível estatístico em relação aos outros. Isto leva-nos a concluir que, de facto, o ensaio era homogêneo e que as linhas às quais, as diferentes regas foram impostas posteriormente, não apresentavam divergências neste aspecto. Trata-se de uma situação favorável antes da aplicação das modalidades de rega. Em média, por ha, a carga foi de 70 000 que é um valor dentro do esperado. Quanto ao número de cachos, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas, com um valor médio de 23 cachos/videira.



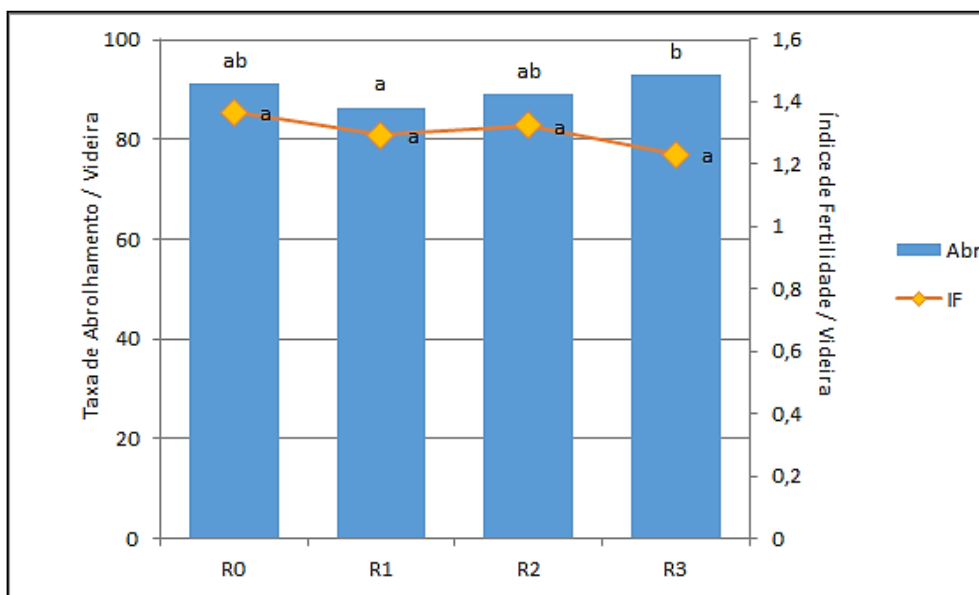
**Figura 4.2** - Carga à poda e número de cachos por videira nos diferentes blocos, em videiras da casta Alvarinho. Em cada bloco, valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05.

#### 4.4. Índice de Fertilidade e Taxa de Abrolhamento

O índice de fertilidade indica-nos o número de cachos por número de lançamentos. Quanto maior o índice maior o rendimento.

Segundo Böhm (2007), o índice de fertilidade desta casta é elevado; em média, 1,8 inflorescências por gomo abrolhado nos gomos do terço médio do sarmento

Na figura 4.3 apresentam-se os valores quer do índice de fertilidade quer da taxa de abrolhamento das videiras, conforme a modalidade.



**Figura 4.3** - Índice de Fertilidade e Taxa de Abrolhamento nas diferentes modalidades, em videiras da casta Alvarinho. Em cada modalidade, valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05.

A análise estatística indica que o factor modalidade não é significativamente diferente na fertilidade da casta. A fertilidade da casta constitui uma característica específica, cujos valores podem, contudo, oscilar em função de factores endógenos. O *Alvarinho* é bastante referenciado, como uma casta bastante fértil, porém este ano ficou um pouco aquém do esperado, apresentando em todos os blocos, valores inferiores aos referidos por Böhm (2007).

Verifica-se que a modalidade R0 com um IFP de 1,4, se destaca das restantes embora não diferindo estatisticamente deles.

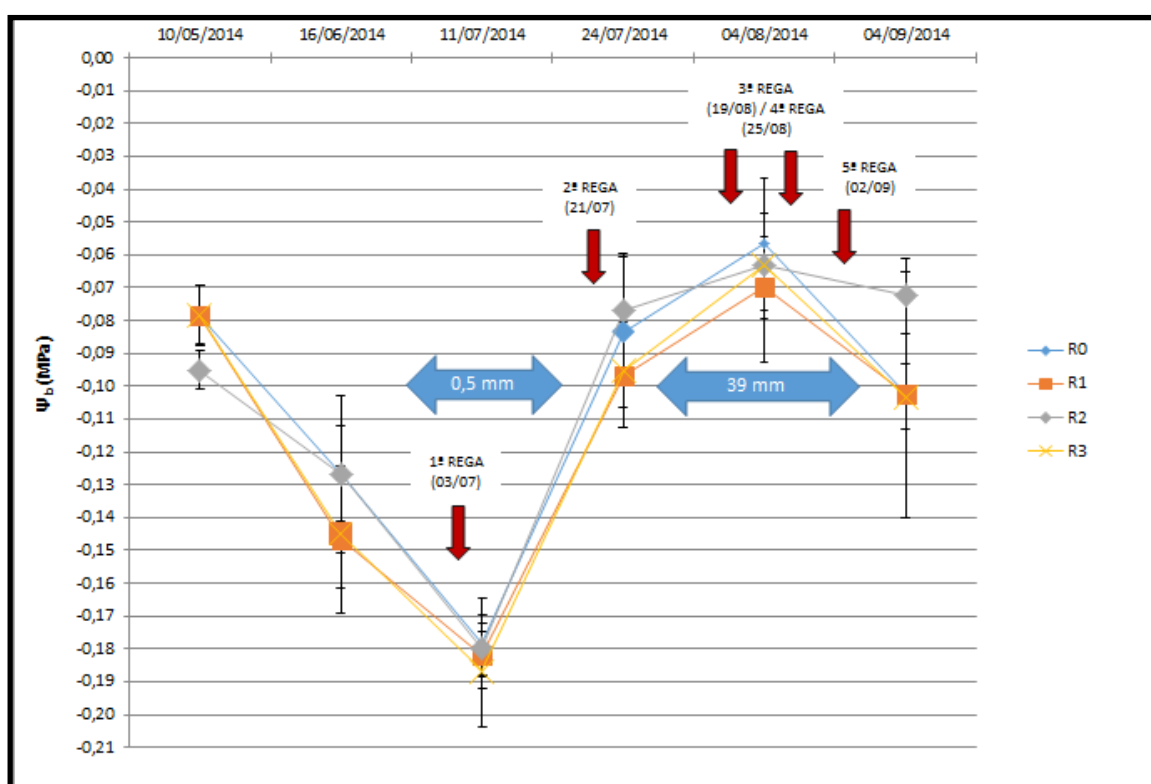
Por outro lado, a razão existente entre o número de olhos abrolhados e o número de olhos deixados à poda originou uma percentagem de abrolhamento que está dentro dos valores normais, isto é, entre 80% e 100%. Analisando a figura 4.3, verifica-se que as percentagens de abrolhamento das modalidades em estudo, apesar de apresentarem valores não muito distantes, diferem significativamente do ponto de vista estatístico mas, sem significado do ponto de vista agronómico. Verifica-se que as taxas de abrolhamento situam-se entre os 86 e os 93%, o que nos sugere que as cargas deixadas à poda estarão bem adaptadas ao vigor das plantas em estudo.

## 4.5. Potencial Hídrico Foliar

O  $\Psi_b$  é uma medida realizada antes do nascer do sol, porque se assume, que a esta hora existe um equilíbrio entre os potenciais de água nas folhas e os do solo nas zonas de absorção.

### 4.5.1. Potencial Hídrico Foliar de Base

A evolução do potencial hídrico foliar de base (figura 4.4), traduz as disponibilidades hídricas do solo ao longo do ciclo vegetativo da videira.



**Figura 4.4** - Evolução sazonal do potencial hídrico foliar de base ( $\Psi_b$ ) das quatro modalidades de rega. Média e respectivo erro padrão de 6 medições por modalidade.

O potencial hídrico foliar de base foi medido em seis datas distintas, desde pouco tempo antes do início da floração até à maturação, cerca de uma semana antes da vindima.

Em primeiro lugar, é de assinalar o reflexo directo entre as condições climáticas anuais (precipitação) e a reserva hídrica do solo na rizosfera, medida através do potencial hídrico foliar de base (MPa). Uma vez que há a evidência dum ano com bastante precipitação, será eventualmente de esperar valores de  $\Psi_b$  menos negativos. De modo geral, este ano houve

grande disponibilidade hídrica do solo, situando-se o parâmetro estudado neste sub-capítulo, em valores considerados de conforto hídrico.

A evolução do  $\Psi_b$  nos quatro tratamentos não traduz o efeito da redução gradual das disponibilidades hídricas do solo com o evoluir do ciclo. A ocorrência da redução da quantidade de água, dever-se-ia à diminuição das disponibilidades hídricas no solo durante o Verão, associado, nomeadamente as perdas de água por evaporação e por evapotranspiração, quer da vinha, quer do coberto vegetal do solo.

Decidiu-se regar no dia 3 de Julho, devido à evolução dos valores de potencial hídrico de base registados que, quase atingiram o valor limite definido de -0,2 MPa. Refere-se também, que as modalidades R1 e R2 não foram regadas a 19 de Agosto.

Pela análise do gráfico, percebe-se que depois 11 de Julho, a evolução traduz o aumento da disponibilidade hídrica do solo. Poderá haver relação com a realização da primeira rega do ensaio (3 de Julho) que permitiu manter o solo com restrição hídrica nula, ou seja, bem hidratado.

Foram realizadas três medições de potencial hídrico foliar (16 de Junho e 11 e 24 de Julho) sendo de -0,19 MPa, o valor mais baixo que foi registado. Uma vez que se encontra acima do intervalo referido por Ojeda (2007), podemos concluir que a vinha se encontrava numa situação de conforto hídrico em todas as modalidades, uma vez que não se verificou efeito significativo dos tratamentos no potencial hídrico foliar de base em qualquer das medições.

Analisando por data de registo o  $\Psi_b$ , constata-se que existem diferenças entre as modalidades.

Durante o mês de Julho, o potencial hídrico foliar de base foi semelhante entre tratamentos de rega, independentemente das diferentes dotações de rega aplicada neste mês. A partir do final de Julho observa-se que o  $\Psi_b$  entre tratamentos começa a diferenciar-se, sendo mais notória esta diferença na semana que antecede a vindima.

Segundo Baeza (2007), os valores registados permitem concluir que as videiras nas quatro modalidades nunca estiveram sujeitas a valores que inibem o crescimento vegetativo.

#### **4.6. Caracterização do coberto vegetal**

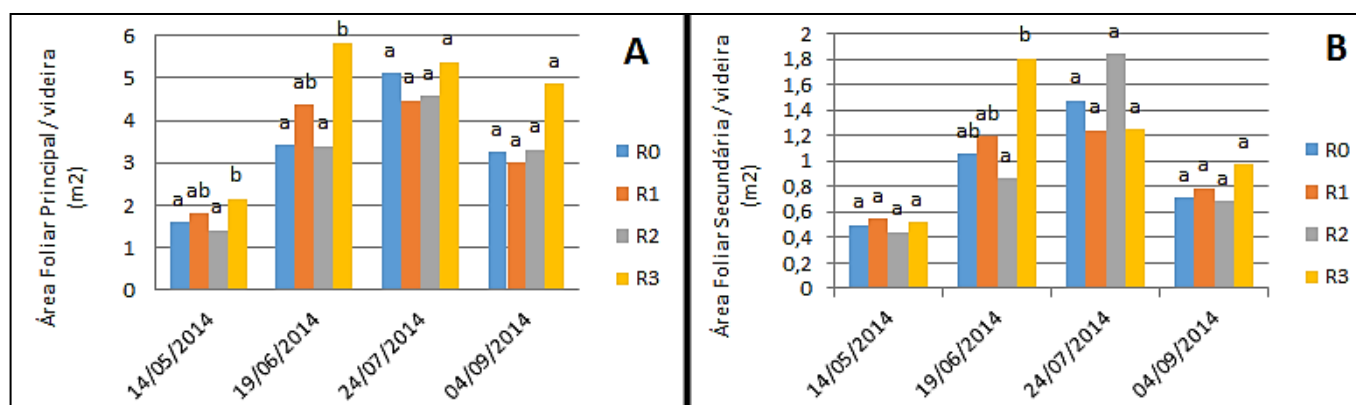
##### **4.6.1. Área Foliar**

A quantificação da área foliar constitui uma análise com grande importância (Smart e Robinson, 1991). Champagnol (1984) considera que a área foliar é a expressão essencial do vigor, uma vez que reflecte a velocidade do crescimento e a sua duração, em relação à capacidade de síntese de substâncias metabólicas.

Para determinação da área foliar foi seguido o modelo proposto por Lopes e Pinto (2005) cuja aplicação apenas implica a necessidade de eleger um sarmento, contar o número de folhas e medir as nervuras laterais secundárias esquerda e direita da maior e menor folha do sarmento eleito (nervura principal > 3 cm).

A evolução da área foliar foi avaliada em quatro datas diferentes: 14 de Maio; 19 de Junho; 24 de Julho e 4 de Agosto, como se pode visualizar nas próximas figuras.

Na figura 4.5 está representada a evolução da área foliar principal (A) e secundária (B), registada ao longo do ciclo, nas quatro modalidades.



**Figura 4.5** - Evolução da área foliar principal, AFp, (A) e secundária, AFn, (B), em quatro períodos distintos das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R2), em videiras da casta Alvarinho. Em cada data, valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05.

O desenvolvimento da área foliar das videiras do ensaio apenas esteve sujeito aos condicionamentos da rega após a sua primeira rega. Até ao início da primeira rega (3 de Julho), normalmente a temperatura é determinante no desenvolvimento vegetativo. Assim, a disponibilidade hídrica do solo não parece ter sido limitativa do desenvolvimento vegetativo, apesar dos valores não muito altos, aqui avaliados pela sua componente área foliar, em todas as modalidades, no período 14 de Maio a 19 de Junho. Nesta data, o potencial de base  $\Psi_b$ , variou entre valores que segundo Baeza *et al.* (2007) não são limitativos do crescimento vegetativo. Os resultados obtidos sugerem então que a modalidade R3 ao disponibilizar mais água às videiras, promovia um maior crescimento vegetativo, o que com o evoluir do ciclo resultou numa maior AFT, como será visto mais adiante.

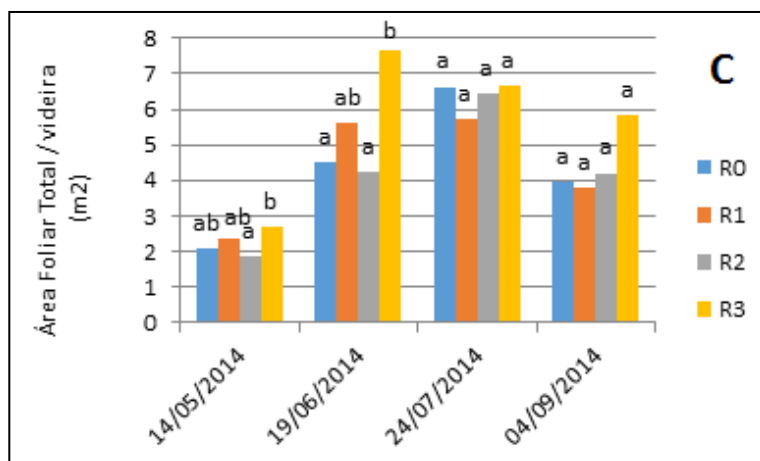
Em termos estatísticos e analisando mais detalhadamente, a área foliar principal não tem diferenças significativas entre as modalidades, excepto nos dias 14 de Maio e 19 de Junho (antes da rega). Verifica-se que em qualquer uma das datas, a modalidade R3 apresentou



uma AFp superior. Nas duas primeiras medições, nenhuma rega tinha sido realizada, pelo que pode ser afirmado que até então, não havia diferença nenhuma entre tratamentos. Logo, as divergências que se apresentam serão provenientes de erros experimentais ou da própria amostragem, não tendo a rega, neste caso, influência alguma.

Na figura 4.6 podemos observar a evolução da área foliar total por videira (soma da área foliar principal e da área foliar secundária) medida ao longo do ciclo vegetativo.

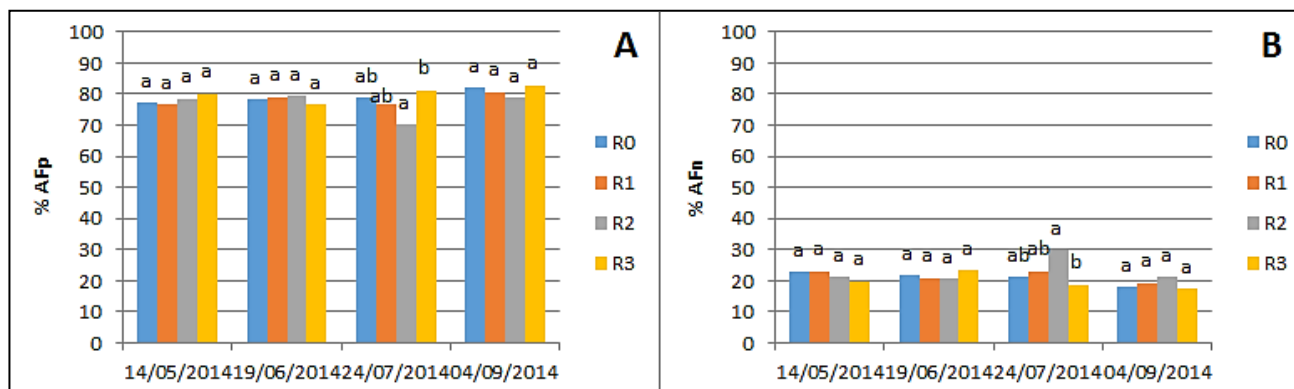
Os valores registados não revelam diferenças significativas, entre as modalidades nas duas últimas datas. O facto da área foliar total se ter mantido aproximadamente constante, sem diferenças significativas entre modalidades, durante a maturação, indica que a taxa de senescência foi baixa.



**Figura 4. 6** - Evolução da área foliar total (AFtotal), em quatro períodos distintos das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R2), em videiras da casta Alvarinho. Em cada data, valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05.

A figura 4.7 apresenta a percentagem de área foliar principal (A) e a percentagem de área foliar secundária (B) nas diferentes modalidades. De um modo geral é a modalidade R3 que apresenta a maior percentagem de área foliar principal, apesar desta diferença não ser significativa do ponto de vista estatístico.

A casta *Alvarinho*, em geral, é uma casta que apresenta uma tendência muito baixa para o desenvolvimento de netas, daí a percentagem da área foliar secundária não ser muito elevada (Böhm, 2007), como se poder ver na figura 4.7 (B). Numa perspectiva abrangente, de facto, percebe-se que a percentagem de netas não ultrapassa em nenhuma das modalidades os 30%. E repara-se que há homogeneidade nesta afirmação pois procedendo à análise de variância, conclui-se que apenas no dia 24 de Julho, há diferenças significativas entre os tipos de rega.



**Figura 4.7** - Evolução da percentagem da área foliar principal (A) e da percentagem da área foliar secundária (B), em quatro períodos distintos, das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R2), em videiras da casta Alvarinho. Em cada data, valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05.

#### 4.6.2. Dimensões da Sebe e Superfície Foliar Exposta

A superfície foliar exposta (SFE) é o parâmetro mais utilizado para avaliar a capacidade fotossintética da folhagem. Relaciona a actividade fotossintética global com as características da sebe uma vez que, partindo do princípio que as folhas bem iluminadas são aquelas que apresentam maior potencial fotossintético, a SFE ao representar a área de folhas directamente expostas à radiação, poderá ser tomada como uma boa medida da capacidade fotossintética de uma videira. A importância desta medida é referida por Carbonneau (1995) e este autor realça ainda que este é o parâmetro arquitectural mais simples de obter e com melhor relação com a qualidade de produção. Smart e Robinson (1991) consideram que o rendimento que uma vinha pode atingir está essencialmente dependente da sua SFE.

As dimensões do coberto foram determinadas de acordo com a metodologia proposta por Smart e Robinson (1991), que considera o coberto vegetal como um paralelepípedo, determinando-se a SFE.

O quadro 4.1 apresenta as dimensões do coberto. A recolha de dados foi efectuada a 24 de Julho.

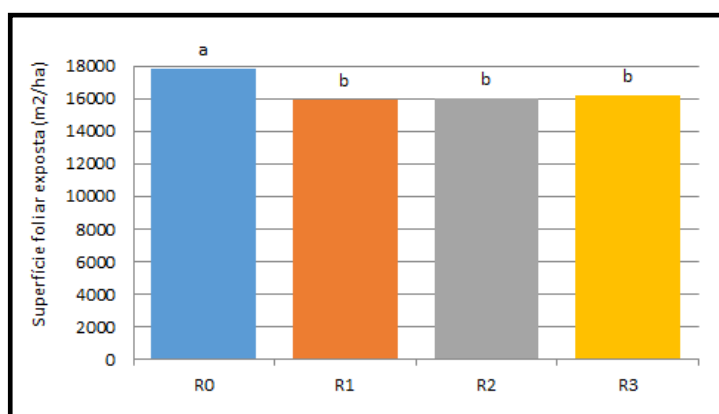
**Quadro 4.1** - Dimensões do coberto das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R3).

Modalidade	Altura sebe (cm)	Espessura sebe (cm)
R0	186,5 <sup>a</sup>	72,3 <sup>a</sup>
R1	166,0 <sup>b</sup>	66,0 <sup>ab</sup>
R2	169,9 <sup>b</sup>	60,7 <sup>b</sup>
R3	168,7 <sup>b</sup>	67,0 <sup>ab</sup>
<b>Sig.</b>	***	**

**Nota:** Sig. – Nível de significância: *n.s.* - não significativo; \* - significativo ao nível de 0,05; \*\* - significativo ao nível de 0,01; \*\*\* - significativo ao nível de 0,001. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,05 ou 0,01, pelo teste LSD, consoante o caso.

Através de uma análise estatística constatou-se que existem diferenças significativas do ponto de vista estatístico na altura da sebe e na espessura da mesma. As videiras às quais foram impostas a modalidade R0 demonstraram ser as videiras com maior altura e maior espessura. Duret (cit. em Costa-Rodrigues, 2009) afirma que a altura da sebe deve ter cerca de 130 cm com o objectivo de obter uma SFE de qualidade. A altura da sebe foi determinada essencialmente pela despona. Neste estudo os valores registados encontram-se sensivelmente 40 cm acima dos valores preconizados por Duret, o que comprova que de facto as sebes da Região dos Vinhos Verdes caracterizam-se por ser sebes muito altas.

Na figura 4.8 está representada a superfície foliar exposta (SFE) das várias modalidades, avaliada no início do pintor, a 24 de Julho.



**Figura 4.8** - Superfície foliar exposta (SFE) das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R3) em videiras da casta Alvarinho. Valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05.

Através da observação da figura 4.8, podemos concluir que as regas aplicadas nas modalidades R1, R2 e R3 não provocaram diferenças estatisticamente significativas da SFE. Ao contrário da R0 que apresenta valores de SFE superiores, a nível estatístico. Os valores obtidos encontram-se abaixo dos 21 000 m<sup>2</sup>/ha, preconizados por Smart e Robinson (1991), no entanto verificou-se que estes valores não são os mais adequados para monoplanos ascendentes nas nossas condições edafoclimáticas (Costa-Rodrigues, 2009). Por outro lado, Lopes (2011) sublinha que as características de um coberto ideal dependem, entre outros factores, da situação ecológica da vinha. Argillier (cit. em Castro *et al.*, 2006) considera valores próximos de 11 600 m<sup>2</sup>/ha, adequados para a qualidade da produção, numa vinha instalada em monoplo vertical ascendente, em clima mediterrânico.

#### 4.6.3. Densidade do coberto

A densidade do coberto foi avaliada pelo método “Point Quadrat” (Smart e Robinson, 1991), no início do pintor, e encontra-se expressa em número de camada de folhas (NCF), % de buracos, % de folhas interiores, e % de cachos exteriores.

Os parâmetros avaliados, ao nível dos cachos e a nível vegetativo, apresentam-se sintetizados, no quadro 4.2.

**Quadro 4.2** - Número de camada de folhas (NCF), % de buracos, % folhas interiores e % de cachos exteriores, a nível dos cachos e a nível vegetativo, das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R3).

Mod.	NCF		% Buracos		% Folhas Interiores		% Cachos Exteriores
	Nível C	Nível V	Nível C	Nível V	Nível C	Nível V	
R0	2,9 <sup>ab</sup>	4,7 <sup>a</sup>	0,0	0,0	38,1	93,3 <sup>a</sup>	19,6
R1	2,5 <sup>a</sup>	3,7 <sup>b</sup>	1,0	0,0	31,8	64,9 <sup>b</sup>	18,3
R2	2,6 <sup>ab</sup>	4,2 <sup>ab</sup>	2,0	0,0	37,3	72,2 <sup>b</sup>	20,0
R3	3,0 <sup>b</sup>	3,9 <sup>b</sup>	0,0	0,0	41,4	59,7 <sup>b</sup>	23,3
Sig.	*	***	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.

**Nota:** Sig. – Nível de significância: n.s. - não significativo; \* - significativo ao nível de 0,05; \*\* - significativo ao nível de 0,01; \*\*\* - significativo ao nível de 0,001. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,05 ou 0,01, pelo teste LSD, consoante o caso.

O número de camadas de folhas (NCF) tanto a nível dos cachos como a nível vegetativo apresentou valores significativamente diferentes, do ponto de vista estatístico, entre as quatro modalidades de rega, tendo sido as videiras da modalidade R0 as que exibiram maiores valores de NCF em ambos os níveis. No entanto, todas as modalidades revelam um NCF superior ao 1,5 preconizado por Smart e Robinson (1991), o que nos sugere a existência geral de cobertos densos, típicos da Região dos Vinhos Verdes. Por sua vez, Castro e Cruz (2005) defendem valores ideais do NCF na ordem dos 2-3 para as nossas condições climáticas. Neste caso os valores de NCF obtidos neste estudo em todos os tratamentos de rega (a nível dos cachos) apresentam valores dentro do intervalo dos valores ideais. Todavia, os valores de NCF ao nível vegetativo atingiram valores superiores aos preconizados, apesar de próximos do intervalo.

A percentagem de buracos na sebe serve como indicador da porosidade da mesma. Neste estudo, não se registaram diferenças significativas entre modalidades. Tendo-se verificado 0% de buracos em todas as modalidades e em ambos os níveis. Comprovando, mais uma vez, que se trata de uma sebe densa, o que poderá favorecer o aparecimento de pragas e doenças.

A percentagem de folhas interiores apresentou diferenças significativas, do ponto de vista estatístico, no nível vegetativo. Os resultados obtidos são superiores ao valor óptimo de 20% sugerido por Smart e Robinson (1991). A modalidade R2 revelou uma tendência para redução da percentagem de folhas interiores na zona de frutificação.

A percentagem de cachos exteriores, não difere significativamente, do ponto de vista estatístico. Não há nenhuma modalidade que se encontre dentro do intervalo de 50 a 100% recomendado por Smart e Robinson (1991). Como se observa no quadro 4.2 os valores de percentagem de cachos expostos são efectivamente menores que os indicados por Smart e Robinson (1991).

As desfolhas realizadas por parte da empresa provocaram alterações ao nível da estrutura do coberto na zona de frutificação, caracterizadas por uma diminuição da densidade da sebe, aumento da porosidade e da exposição dos cachos. Estas alterações podem promover um melhor arejamento e melhor exposição solar; podem revelar efeitos positivos na fertilidade do ano seguinte (Kliewer, 1982; Smart *et al.*, 1982; Candolfi-Vasconcelos, 1990), na diminuição do risco de incidência de podridão cinzenta (Payan, 1997) e na maturação e coloração dos bagos devido a uma maior exposição à luz (Payan, 1997). Por outro lado, uma exposição excessiva pode provocar perdas de qualidade (essencialmente aromas), escaldão ou desidratação dos bagos (Castro *et al.*, 2006).

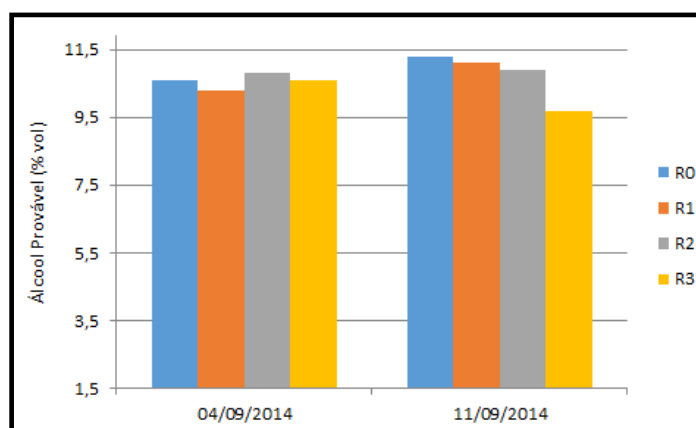
#### 4.7. Evolução da maturação (composição dos bagos)

A maturação dos bagos foi avaliada duas vezes, com o espaço de uma semana em que o segundo controlo foi realizado no dia da vindima. Os resultados são apresentados de seguida, tendo-se avaliado os valores de grau álcool provável, acidez total e pH, azoto assimilável e ácido málico e tartárico do mosto da amostra de bagos.

##### 4.7.1. Grau álcool provável

O teor em álcool provável é um dos parâmetros de avaliação de qualidade do mosto mais utilizados, extrapolado a partir da concentração, de sólidos solúveis totais, dos quais os açúcares redutores representam quase a sua totalidade à maturação (Jackson e Lombard, 1993).

O álcool provável durante a maturação, medido nos dois controlos realizados, apresenta-se na figura 4.9, em que se apresentam os resultados das videiras estudadas.



**Figura 4.9** - Evolução do grau alcoólico provável, durante a maturação, das quatro modalidades de rega de rega (R0, R1, R2 e R3), em videiras da casta Alvarinho. Dados não analisados estatisticamente.

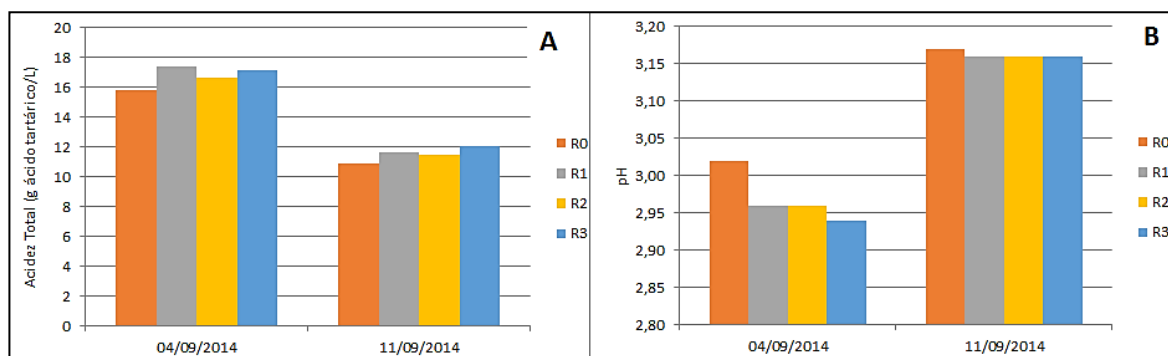
A evolução do álcool provável foi a esperada, observando-se um aumento de uma data para a outra, com R0 a atingir os 11,3% vol, R1 com 11,1% vol, e R2 com 10,9% vol, sendo R3 excepção por ter diminuído o seu valor. Este facto pode ser devido a erros experimentais quer no campo quer no laboratório.

Há que ter em atenção que, no aumento da concentração dos açúcares ao longo do período da maturação, poderão estar envolvidos diferentes mecanismos. Consoante as modalidades, este aumento pode resultar de uma maior produção e acumulação de

açúcares ou de um efeito de concentração derivado de uma desidratação progressiva dos bagos.

#### 4.7.2. pH e Acidez Total

A figura 4.10 mostra-nos a evolução da acidez total (A) e do pH (B) das uvas, ao longo da maturação.



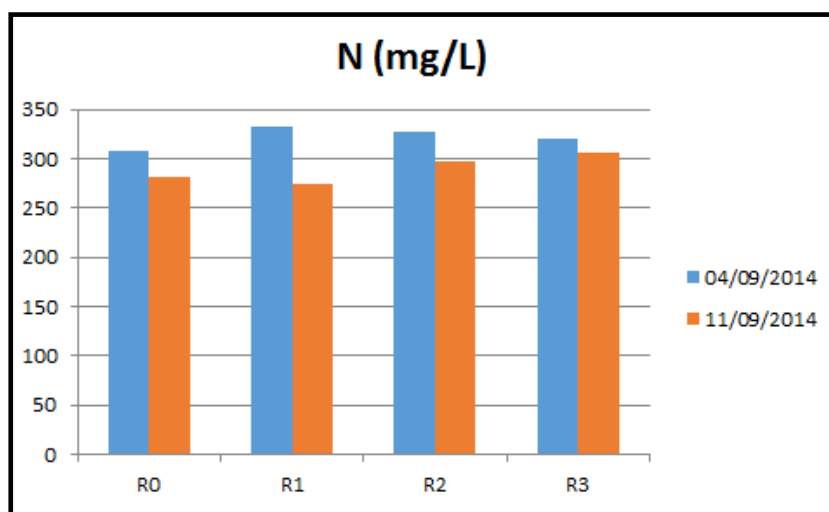
**Figura 4.10** - Evolução da acidez total e do pH, durante a maturação, das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R3), em videiras da casta Alvarinho. Dados não analisados estatisticamente.

A acidez total, expressa em  $\text{g.l}^{-1}$  de ácido tartárico, seguiu, como seria de esperar, uma evolução inversa à verificada nos açúcares (figura 4.10 - A). Ou seja, sucedeu-se uma diminuição natural da acidez total das uvas, causada pela degradação dos ácidos orgânicos. Observando-se que a acidez total, à primeira amostragem (4 de Setembro), variou de 15,83 a 17,38  $\text{g.l}^{-1}$  ác. tartárico. À vindima, a acidez total do mosto oscilou entre os 10,92 e os 13,11  $\text{g.l}^{-1}$  ác. tartárico.

O pH do mosto apresentou, como previsto, uma evolução inversa à da acidez total, aumentando em geral ao longo da maturação, tendo sido crescente, em todos os tratamentos de um controlo para o outro. As variações do pH do mosto com o regime hídrico parecem estar relacionadas com as variações na acidez total. O maior crescimento vegetativo que geralmente apresentam as videiras regadas pode estimular a produção de ácido málico através da fotossíntese, e consequentemente diminuir o pH (Hepner *et al.*, 1985). Neste caso, percebe-se que no dia da vindima, todas as modalidades tiveram comportamento contrário ao descrito, aumentando o seu pH.

#### 4.7.3. Azoto assimilável, ácido málico e ácido tartárico

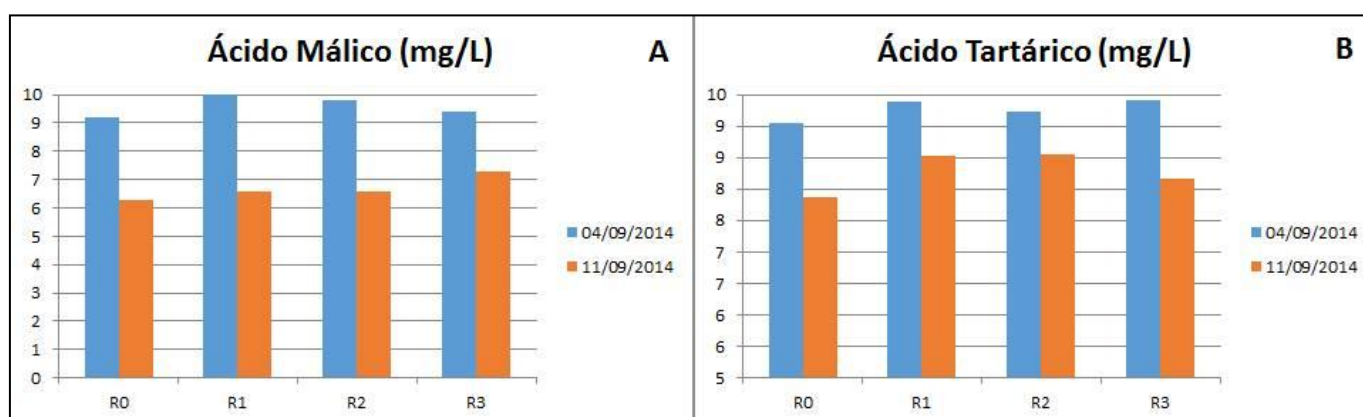
A figura 4.11 apresenta os valores de azoto assimilável obtidos no controlo de maturação.



**Figura 4.11** - Evolução do azoto assimilável, durante a maturação, das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R2), em videiras da casta Alvarinho. Dados não analisados estatisticamente.

Para adaptar uma estratégia de nutrição razoável e eficaz do mosto, convém medir a quantidade de azoto assimilável que este apresenta. Pela análise da figura, conclui-se que houve uma diminuição do teor de azoto assimilável do mosto, de uma data para a outra.

A figura 4.12 apresenta os valores de ácido málico e tartárico do mosto.



**Figura 4.12** - Evolução do ácido málico (A) e do ácido tartárico (B) durante a maturação, das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R2), em videiras da casta Alvarinho. Dados não analisados estatisticamente.



O ácido tartárico e o ácido málico são os principais componentes responsáveis pela acidez do mosto da uva. As suas concentrações no mosto estão relacionadas com aspectos fisiológicos da maturação da uva, com os factores naturais de clima e solo da região vitícola e com as práticas agronómicas da produção.

É evidente a diminuição da quantidade de ambos os ácidos no mosto com o evoluir da maturação. O teor de ácido tartárico no mosto varia de 3 a 9 g L<sup>-1</sup>, conforme a casta e as condições de produção da uva, especialmente a disponibilidade de água (Blouin e Guimberteau, 2000). Foi evidenciada maior proporção de ácido málico do que tartárico em todas as modalidades, na primeira data, destacando-se a modalidade R1, com o valor mais elevado.

#### 4.8. Produção

No quadro 4.3 apresentam-se os elementos relativos à produção, obtidos com os dados globais das videiras estudadas à vindima. Estes elementos são nomeadamente: número de cachos por videira, peso médio dos cachos (em g) e produção por videira (em kg).

**Quadro 4.3** - Parâmetros caracterizadores da produção das quatro modalidades de rega (R0, R1, R2 e R3). Valores com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD ao nível de 0,05.

Modalidade	Nº Cachos / videira	Peso médio/ Cacho (g)	Produção / Videira (kg)
<b>R0</b>	28,1	128,3	3,6
<b>R1</b>	27,1	111,8	3,0
<b>R2</b>	26,0	134,1	3,4
<b>R3</b>	27,8	119,4	3,3
<b>Sig.</b>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

**Nota:** Sig. – Nível de significância: *n.s.* - não significativo; \* - significativo ao nível de 0,05; \*\* - significativo ao nível de 0,01; \*\*\* - significativo ao nível de 0,001. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,05 ou 0,01, pelo teste LSD, consoante o caso.

Verifica-se a inexistência de diferenças significativas no número de cachos por videira. Este facto já era de prever, pois o número de cachos é definido pela diferenciação floral que ocorreu no ciclo vegetativo anterior, portanto antes da instalação do ensaio.

Em relação ao peso médio dos cachos, podemos perceber que todas as modalidades são semelhantes, do ponto de vista estatístico. Mas há que salientar que a modalidade R2 mostrou uma tendência para a obtenção de cachos de tamanho maior, ainda que não se revele significativa. Uma vez que a primeira rega efectuada no ensaio foi realizada relativamente próxima início da fase III do crescimento dos bagos, a rega pouco terá limitado a divisão e expansão celular, característica das primeiras fases de desenvolvimento do bago (Egipto, 2011). As condições ambientais no período floração - fecho do cacho não parecem ter sido diferenciadoras dos componentes do rendimento. McCarthy (2000) e Ojeda *et al.* (2002) verificaram maior redução no peso final do bago em situações de *stress* hídrico na fase I do que em situações similares ocorridas na fase III de desenvolvimento. Este aspecto não aconteceu na situação presente pois não houve *stress* hídrico.

A produção por videira foi também similar, sem diferenças do ponto de vista estatístico, entre as modalidades de rega em estudo.

Apesar de, em geral, se verificar na literatura, uma forte tendência para um aumento da produção e do peso do cacho com o aumento da disponibilidade hídrica, este ano, fruto das condições meteorológicas registadas, não existiram diferenças estatisticamente significativas, tal como em outros estudos (Gouveia *et al.*, 2009).

## 5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A rega é um tema cada vez mais estudado na viticultura, pois cada vez mais há a necessidade de introduzir novas técnicas ou mesmo inovar as técnicas existentes com vista a melhorar as características do coberto e conseqüentemente, a qualidade da produção final.

Como foi afirmado anteriormente, neste estudo procurou-se estudar o efeito de quatro modalidades de rega diferentes (em que uma delas é testemunha sem rega) no rendimento das videiras e na qualidade da casta *Alvarinho*, na Região dos Vinhos Verdes. As considerações apresentadas devem ser entendidas como fruto de um trabalho que reflecte apenas um ciclo vegetativo da videira. Pelo que a sua generalização deve ser ponderada.

O ensaio foi fortemente condicionado pelas condições climáticas, nomeadamente pelo facto de um enorme aumento da precipitação de 2014, em relação à média dos 30 anos, ter ocorrido no período de dormência da videira, principalmente em Março, coincidindo com o início do ciclo vegetativo, resultando numa elevada disponibilidade hídrica até ao final de Junho (fecho dos cachos). Esta situação aliada ao facto da precipitação verificada ao longo do resto da Primavera e do Verão, superior ao normal, foi determinante no vigor, crescimento vegetativo e produção da videira, não se registando diferenças significativas na maioria dos parâmetros analisados.

O número de cachos e os valores da carga, por blocos, permitiram perceber se de facto, a parcela era homogênea e pelos resultados, sobretudo através da inexistência de diferenças significativas entre blocos, do ponto de vista estatístico, conclui-se que sim. O mesmo foi verificado com o índice de fertilidade que também não apresentou diferenças significativas estatisticamente.

A evolução do potencial hídrico foliar de base, permitiu verificar que as modalidades se mantiveram sempre em conforto hídrico, apresentando menor disponibilidade de água nas medições do potencial hídrico foliar de base, realizadas nas três primeiras datas. Concluindo que, realmente a precipitação deste ano influenciou de forma determinante o estado hídrico das videiras, provocando conforto hídrico ao longo do ciclo. É importante complementar a medição deste critério com outros dados fisiológicos e/ou agronómicos e principalmente acompanhar de perto a evolução das videiras.

A área foliar total teve o seu máximo em meados de Julho, na terceira medição, tendo sido a modalidade associada à maior quantidade de água imposta (R3), a que obteve sempre valores de área foliar total superiores, ao longo do ciclo vegetativo. Destacaram-se diferenças significativas entre modalidades nas duas primeiras medições. Percebe-se que as desfolhas realizadas pela empresa tiveram influência nestes resultados, tendo diminuído o número de folhas das videiras do ensaio. A percentagem de cachos expostos ou é nula ou

é muito reduzida.. O número de camada de folhas apresentou diferenças significativas, do ponto de vista estatístico entre modalidades, obtendo a R3 o maior valor.

Relativamente à qualidade das uvas à vindima, não se verificaram diferenças significativas entre modalidades.

No entanto, como já foi referido no início deste capítulo, é de sublinhar que a as conclusões deste trabalho são referentes aos resultados de apenas um ano de ensaio, pelo que devem ser consideradas preliminares. Como este trabalho foi elaborado numa empresa que pretende voltar a fazer parte de estudos idênticos, nos anos seguintes assim como em trabalhos futuros sobre rega, considera-se importante aumentar o tamanho da amostragem de forma a contornar a grande variabilidade inerente aos ensaios de campo. Ou seja, este tipo de estudos devem ser realizados durante vários anos para assim observar a resposta das plantas às intervenções feitas, assim como à viabilidade das técnicas empregadas, a longo prazo. É importante perceber se todo este dinamismo inerente a estas intervenções, é capaz de valorizar o produto final de forma superior ao seu impacto negativo no rendimento e custos de produção.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Albuquerque, M.V.; Yuste, J.** (2010). Influência da dotação de rega no teor de água do solo, no estado hídrico e na produtividade de uma vinha de Tempranillo no vale do rio Douro. In: Actas do 8º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo. ATEVA, Évora, 5 a 7 de Maio, pp 199-208.

**Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M.** (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, 56, Rome.

**Anconelli, S.; Battilani, A.** (2000) Use of leaf temperature to evaluate grapevine (*Vitis vinifera*) yield and quality response to irrigation. *Acta Horticulturae* 537, 407-411.

**Baeza, P.; Sanchez-De-Miguel, P.; Centeno, A.; Junquera, P.; Linares, R.; Lissarrague, J.R.** (2007). Water relations between leaf water potential, photosynthesis and agronomic vine response as a tool for establishing thresholds in irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*, 114 (3): 151-158.

**Battilani, A.** (2000). Application of the regulated deficit of irrigation to grapevines *Vitis vinifera* in a sub-humid area. Proc. 3<sup>rd</sup> IS. On Irrigation Hort. Crops. *Acta Horticulturae* 537, 887-893.

**Becker, N.; Zimmermann, H.** (1984). Influence de divers apports d'eau sur des vignes en pots, sur la maturation des sarments, de développement des baies et la qualité des vins. *Bull.de l'OIV*, 57: 573-683.

**Begg, J.E.; Turner, N.C.** (1970). Water potential gradients in field tobacco. *Plant Physiol.* 46:343–346.

**Bernard, N.; Zebic, O.; Deloire, A.** (2004). Estimation de l'état hydrique de la vigne par la mesure de la température foliaire: un outil au service des professionnels. *Le Progrès Agricole et Viticole*, 121 (23): 539-542.

**Blouin, J.; Guimberteau, G.** (2000). Maturation et maturité des raisins. Bordeaux: Éditions Féret. 151p.

**Böhm, J.** (2007). O Grande Livro das Castas. Chaves-Ferreira Publicações, S.A., Lisboa.

**Bravdo, B.** (2005). Physiological mechanisms involved in the production of non hydraulic root signals by partial rootzone drying – a review. *Acta Horticulturae* 689, 267–276.

**Candolfi-Vasconcelos, M.; Koblet, W.** (1990). Yield, fruit quality, bud fertility and starch reserves of the wood as a function of leaf removal in *Vitis vinifera* L. – evidence of compensation and stress recovering. *Vitis* 29: 199-221.

**Carbonneau, A.** (1981). Observation sur vigne: Codification des données agronomiques. *Vititechniques*, Septembre. 8-11.

**Carbonneau, A.** (1985). The early selection of grapevine rootstocks for resistance to drought conditions. *Am. J. Enol. Vitic.*, 36: 195-198.

**Carbonneau, A.** (2002). Gestion de l'eau dans le vignoble: théorie et pratique. *Le Progrès Agricole et Viticole* 21: 455-467.

**Carbonneau, A.; Casteran, P.** (1979). Irrigation-depressing effect on floral initiation of Cabernet Sauvignon grapevines in Bordeaux area. *Am. J. Enol. Vitic.*, 30 (1): 3-7.

**Carmi, A.; Plaut, Z.; Heuer, B.; Grava, A.** (1992) Establishment of shallow and restricted root systems in cotton and its impact on plant response to irrigation. *Irrigation Science* 13, 87-91.

**Carrante, V.** (1963). Résistance de la vigne à la sécheresse. *Bull. de l'O.I.V.*, 36: 141-168.

**Castellarin, S.D.; Matthews, M.A.; Di-Gaspero, G.; Gambetta, G.A.** (2007). Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. *Planta*, 227 (1): 101-112.

**Castro, R.; Cruz, A.; Botelho, M.** (2006). Tecnologia vitícola. Edição DRABL.

**Cerdeira, A.L.; Cabral, M.; Ferreira Monteiro, F.** (2004). Contribuição para a caracterização organoléptica de vinhos brancos de casta da região demarcada dos vinhos verdes. 6º Simpósio da Viticultura do Alentejo.

**Chaves, M.; Rodrigues, M.L.** (1987). Photosynthesis and water relation of grapevines growing in Portugal – response to environment factors. In: Plant Response to stress. Ed. J.D. Tenhunen *et al.*, Berlim. NATO ASI Series Vol. G15, 379-390.

**Chaves, M.; Santos, T.P.; Souza, C.R.; Ortuno, M.F.; Rodrigues M.L.; Lopes, C.M.; Maroco, J.P.; Pereira, J.S.** (2007). Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Annals of applied biology*, 150 (2): 237-252.

**Chaves, M.; Zarrouk, O.; Francisco, R.; Costa, J.M.; Santos, T.; Regalado, A.P.; Rodrigues, M.L.; Lopes, C.M.** (2010). Deficit irrigation in Mediterranean environment. What lessons have we learnt from grapevine studies? *Libro de Actas - X Simposium Hispano Português de Relaciones Hidricas*.

**Choné, X.; Van, Leeuwen, C.; Dubourdieu, D.; Gaudillère, J.P.** (2001). Stem Water Potential is a Sensitive Indicator of Grapevine Water Status. *Ann. Bot.*, 87: 477-483.

**Cifre, J.; Bota, J.; Escalona, J.M.; Medrano, H.; Flexas, J.** (2005). Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinífera* L.). An open gate to improve water use efficiency? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 106, 159-170.

**Correia, M.J.; Pereira, J.S.; Chaves, M.M.; Rodrigues, M.L.; Pacheco, C.A.** (1995). ABA xylem concentrations determine maximum daily leaf conductance of field-grown *Vitis vinífera* L. plants. *Plant Cell Environ.* 18:511-521.

**Costa-Rodrigues, C.** (2009). Estratégias de gestão do coberto vegetal e da produção na casta Touriga-Nacional na Região do Dão. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, 78 pp.

**De la Hera, M.L.; Romero, P.; Gómez-Plaza, E.; Martínez, A.** (2007). Is partial root-zone drying an effective irrigation technique to improve water use efficiency and fruit quality in field- grown wine grapes under semiarid conditions? *Agricultural Water Management* 87: 261- 274.

**Deloire, A.; Ojeda, H.; Zebic, O.; Bernard, N.; Hunter, J.J.; Carbonneau, A.** (2005). Influence de l'état hydrique de la vigne sur le style de vin. *Progrès Agricole et Viticole*, 122 (21): 455– 462.

**Deloire, A.; Vaudour, E.; Carey, V.; Bonnardot, V.; Van Leeuwen, C.** (2005). Grapevine responses to Terroir: a global approach. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 39 (4): 149-162.

**Doorenbos, J.; Kassan, A.H.; Bentvelsen, C.L.M.; Branscheid, V.; Plusjé, J.M.G.A.; Smith, M.; Uittenbogaard, G.O.; Van der Wal, H.K.** (1986). Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage*, 33, Rome.

**Dry, P.R.** (2005). Use of irrigation strategies for maximization of water use efficiency and wine quality in Australia. In: *Proceedings of the International Symposium on Irrigation Management in Wine and Table Grape Vineyards*, INIA, Santiago, Chile, pp. 15–22.

**Dry, P.R.; Loveys, B.R.** (1998). Factors influencing grapevines vigour and the potential for control with partial rootzone drying. *Australian Journal of Plant Physiology* 4, 140-148.

**Dry, P.R.; Loveys, B.R.** (1999). Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried. *Vitis* 38, 151-156.

**Dry, P.R.; Loveys, B.R.; During, H.** (2000). Partial drying of the rootzone of grape. I. Transient changes in shoot growth and gas exchange. *Vitis* 39, 3-7.

**Dry, P.R.; Loveys, B.R.; McCarthy, M.G.; Stoll, M.** (2001). Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 35, 129-139.

**Duarte, M.; Dias, J. E.** (1991). Catálogo de porta-enxertos mais utilizados em Portugal. Instituto da Vinha e do Vinho. IVV, Divisão de Cadastro Vitícola, Lisboa.

**Egipto, R.** (2011). Efeito da disponibilidade hídrica no desenvolvimento vegetativo, produção, e qualidade do mosto na casta Aragonez (*Vitis vinifera*, L.). Tese de Mestrado. Instituto Superior de Agronomia.

**Falcetti, M.** (1994). Le terroir. Qu'est-ce qu'un terroir? Pourquoi l'étudier? Pourquoi l'enseigner? *Bull. de l'OIV* , 67(2):246-275.

**Ferreira, R.E.; Sellés, G.; Peralta, J.; Burgos, L.; Valenzuela, J.** (2002). Efectos de la restricción del riego en distintos períodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet sauvignon sobre producción y calidad del vino. *Agricultura Técnica*, 62(3): 406-417.



**Flexas, J.; Bota, J.; Escalona, J.M.; Sampol, B.; Medrano, H.** (2002). Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. *Functional Plant Biology*, 29: 461-471.

**Flexas, J.; Bota, J.; Cifre, J.; Escalona, J.M.; Galmés, J.; Gulías, J.; Lefi, E.K.; Martínez-Cañellas, S.F.; Moreno, M.T.; Ribas-Carbó, M.; Riera, D.; Sampol, B.; Medrano, H.** (2004). Understanding down-regulation of photosynthesis under water stress: future prospects and searching for physiological tools for irrigation management. *Ann. appl. Biol.*, 144: 273-283.

**Fuchs, M.** (1990). Infrared measurements of canopy temperature and detection of plant water stress. *Theoretical and Applied Climatology* 42, 253-261.

**Garcia, A.; André, R.G.B.; Ferreira, M.I.; do Paço, T.** (2000). Diurnal and seasonal variations of CWSI and non-water stressed baseline with nectarine trees. *Acta Horticulturae* 537, 415-421.

**Garnier, E.; Berger, A.** (1985). Testing water potential in peach trees as an indicator of water stress. *J. Hort. Sci.* 60:47-56.

**Gaudillère, J. P.; Van Leeuwen, C.; Ollat, N.** (2002). Carbon isotope composition of sugars in grapevines, an integrated indicator of vineyard water status. *Journal of Experimental Botany* 369: 757-763.

**Ginestar, C.; Eastham, J.; Gray, S.; Iland, P.** (1998). Use of Sap-Flow Sensors to schedule vineyard irrigation II - Effects of Post-Veraison Water Deficits on composition of Shiraz grapes. *Am. J. Enol. Vitic.*, 49 (4): 421-428.

**Girona, J.; Mata, M., del Campo, J.; Arbonés, A.; Bartra, E.; Marsal, J.** (2006). The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. *Irrig. Sci.*, 24: 115-127.

**Giuliani, R.; Flore, J.A.** (2000). Potential use of infra-red thermometry for the detection of water stress in apple trees. *Acta Horticulturae* 537, 383-392.

**Goodwin, I.** (2002). Managing water stress in grape vines in greater Victoria. ISSN 1329-8062. Published and Authorised by: Department of Environment and Primary Industries.

**Gouveia, J.P.; Pedroso, V.; Rodrigues, P.; Martins, S.; Alves, I.; Lopes, C.** (2009). Influência do regime hídrico da vinha no rendimento e qualidade da casta Touriga Nacional num terroir do Dão. Escola Superior Agrária de Viseu, Quinta da Alagoa, Ranhados. Drap Centro de estudos vitivinícolas do Dão, Quinta da Cale, Nelas. Instituto Superior de Agronomia/Universidade Técnica de Lisboa, Tapada da Ajuda, Lisboa.

**Grant, O.M.; Tronina, L.; Jones, H.G.; Chaves, M.M.** (2007). Exploring thermal imaging variables for the detection of stress responses in grapevine under different irrigation regimes. *Journal of Experimental Botany*, 58 (4): 815–825.

**Greenspan, M.D; Schultz, H.R.; Matthews, M.A.** (1996). Field evaluation of water transport in grape berries during water deficits. *Physiol. Plant.* 97:55-62.

**Grimes, D.W.; Williams, L.E.** (1990). Irrigation effects on plant water relations and productivity of Thompson Seedless grapevines. *Crop Sci.*, 30: 255-260.

**Gu, S. L.; Du, G. Q.; Zoldoske, D.; Hakim, A.; Cochran, R.; Fugelsang, K.; Jorgensen, G.** (2004). Effects of irrigation amount on water relations, vegetative growth, yield and fruit composition of Sauvignon blanc grapevines under partial rootzone drying and conventional irrigation in the San Joaquin Valley of California, USA. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79 (1), 26-33.

**Gurovich, L.; Vergara, L.M.** (2005). Riego deficitário controlado: la clave para la expresión del terroir de vinos premium. In: Seminario Internacional de Manejo de Riego y Suelo en Vides para Vino y Mesa, 1, 2005, Santiago. Proceedings. Santiago: Instituto de Invesstigaciones Agropecuarias. 30p.

**Handley, D.** (2001). Implementation of RDI strategies. 2001 Central Coast Viticulture and Enology Issues Conference, pp. 32-35.

**Hargreaves, G.H.; Samani, Z.A.** (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Transaction of ASAE* 1(2): 96-99.

**Hepner, Y.; Bravdo, B.; Loinger, C.; Cohen, S.; Tabacman, H.** (1985). Effect of drip irrigation schedules on growth, yield, must composition and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.*, 36: 77-85.

**Hidalgo, L.** (2002). Tratado de Viticultura General, Mundi Prensa Libros S.A, 3a edicion, pp. 775- 792. Madrid.

**Higgs, K.H.; Jones, H.G.** (1990). Response of apple rootstocks to irrigation in south-east England. *J. Hort. Sci.* 65: 129-141.

**Huglin, P.; Schneider, C.** (1998). Biologie et Écologie de la Vigne. Technique & Documentation, 2e édition, 370 pp, Paris.

**Intrigliolo, D.S.; Castel, J.R.** (2009). Response of *Vitis vinifera* cv. ‘Tempranillo’ to partial rootzone drying in the field: Water relations, growth, yield and fruit and wine quality. *Agric.Water Manag.*, 96: 282-292.

**Intrigliolo, D.S.; Ferrer, P.J.; Castel, J.R.** (2007). Monitorización del riego en vid. Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid, Editorial Agrícola Española S.A., pp. 85-113, Madrid.

**IVV.** (2011). Catálogo Das Castas Para Vinho Cultivadas Em Portugal. Volume 1, Coordenação de Rolando Faustino, Coordenação Técnico-científica Rogério de Castro. 1ª Edição, Chaves Ferreira-Publicações SA. Lisboa).

**Jackson, D.I.; Lombard, P.B.** (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality - a review. *American Journal Enology and Viticulture* 44, 409-430.

**Jones, H.G.** (1990). Physiological aspects of the control of water status in horticultural crops. *HortScience* 25:19-26.

**Jones, H.G.** (2004). Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany* 55 (407), 2427-2436.

**Jones, G.V.; Helman, E.** (2003). Site assessment: in “OregonViticulture” Hellman, E. (Eds.), 5<sup>th</sup> Edition, Oregon state University Press, Corvallis, Oregon, pp. 44-50.

**Jones, H.G.; Stoll, M.; Santos, T.; de Sousa, C.; Chaves, M.M.; Grant, O.M.** (2002). Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine, *J. Exp. Bot.*, 53: 2249–2260.

**Kang, S.; Shi, W.; Cao, H.; Zhang, J.** (2002). Alternate watering in soil vertical profile improved water use efficiency of maize (*Zea mays*). *Field Crops Research* 77, 31-41.

**Kliewer, W.M.** (1982). Vineyard canopy management – a review. In *Grape and Wine Centennial Symposium Proceedings*. A.D. Webb (Ed.). Davis, CA.

**Koide, R.T.; Robichaux, S.R.; Morse, S.R.; Smith, C.M.** (1989). Plant water status, hydraulic resistance and capacitance, p. 161-183.

**Kondouras, S.; Van Leeuwen, C.; Seguin, G.; Glories, Y.** (1999). Influence de l'alimentation en eau sur la croissance de la vigne, la maturation des raisins et les caractéristiques des vins en zone méditerranéenne (exemple de Némée, Grèce, cépage Saint-George, 1997). *J. Int. Sci. Vigne Vin.*, 33: 149-160.

**Krauter, C.** (2001b). Soil basics. 2001 Central Coast Viticulture and Enology Issues Conference, pp 50-53.

**Kriedemann, P.E.; Goodwin, I.** (2003). Deficit irrigation and partial root-zone drying. An overview of principles and applications. *Irrigation insights* no. 4. Land and Water Australia, 101.

**Lampinen, B.D.; Shackel, K.A.; Southwick, S.M.; Olson, B.; Yeager, J.T.; Goldhamer, D.** (1995). Sensitivity of yield and fruit quality of French prune to water deprivation at different fruit growth stages. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:139–147.

**Lissarrague, J.E.; Baeza, P.; Sanchez-de-Miguel, P.; Girona, J.** (2007). Estratégias de gestión del riego en viñedos de vinificación. In: *Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid*. Ed. Agrícola Española. Pp 49-82.

**Lopes, C.** (1994). Influência do sistema de condução no microclima do coberto, vigor e produtividade da videira (*Vitis vinifera* L.). Dissertação de Doutorado, Instituto Superior de Agronomia, UTL, 205 pp.

**Lopes, C.** (2008). Rega da vinha. 13 p. I Conferências da Tapada. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia.

**Lopes, C.; Barroso, J.; Madeira, J.; Vicente-Paulo, J.; Cabrita, M.J.; Pacheco, C.; Rodrigues, M.L.; Santos, T.; Chaves, M.M.** (2001). Rega da vinha no Alentejo. Dotações e época de aplicação. *Actas 5º Simp. Vitivinicultura do Alentejo*, ATEVA/CVRA (ed.), Évora, Vol. 1: 99-105.

**Lopes, C.; Pacheco, C.; Vicente-Paulo, J.; Rodrigues, M.L.** (1998). Interesse do potencial hídrico foliar de base como indicador da actividade fisiológica da videira. *Actas 4º Simp. Vitivinicultura do Alentejo*, ATEVA/CVRA (ed.), Évora Vol. 1: 99-105.

**Lopes, C.; Pinto, P.A.** (2005). Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models, *Vitis*. 44:55-61.

**Loveys, B.R.; Dry, P.R.; Stoll, M.; McCarthy, M.G.** (2000). Using plant physiology to improve the water efficiency of horticultural crops. *Acta Horticulturae* 537,187-197.

**Loveys, B.R.; Grant, J.; Dry, P.R.; McCarthy, M.G.** (1997). Progress in the development of partial rootzone drying. *The Australian Grapegrower and Winemaker* 403, 18-20.

**Loveys, B.R.; Stoll, M.; Davies, W.J.** (2004). Physiological approaches to enhance water use efficiency in agriculture: exploiting plant signalling in novel irrigation practice. In: 'Water use efficiency in plant biology'. M.A. Bacon (Eds). University of Lancaster, UK, pp.113-141.

**Lovisol, C.; Perrone, I.; Carra, A.; Ferrandino, A.; Flexas, J.; Medrano, H.; Schubert, A.** (2010). Drought induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non hydraulic interactions at the whole plant level: a physiological and molecular update. *Funct. Plant Biol.* 37: 98-116.

**Lu, P.; Yunusa, I.A.M.; Walker, R.R.; Müller, W.J.** (2003). Regulation of canopy conductance and transpiration and their modelling in irrigated vineyards. *Functional Plant Biology*, 30: 689–698.

**Magalhães, N.** (2008). Tratado de viticultura – A videira, a vinha e o terroir. Chaves Ferreira Publicações. Lisboa, 605pp.

**Malheiro, A.** (2005). Microclimate, yield and water-use of vineyards in the Douro Region, Portugal. Thesis submitted in total fulfilment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy, Cranfield University, Silsoe.

**Marais, J.; Hunter, J.J.; Haasbroek, P.D.; Augustyan, O.P.H.** (1995). Effect of canopy microclimate on the composition of Sauvignon Blanc grapes. *Proc. 9<sup>th</sup> Australian Wine Industry Technical Conference*, 71-77.

**Mariano, F.** (1991). Clima e agricultura: exigências climáticas das principais culturas e as potencialidades agrícolas no nosso clima. Lisboa: DGPA, 1991. 266 p. ISBN 975-9175-25-X.

**Maroco, J.P.; Rodrigues, M.L.; Lopes, C.; Chaves, M.M.** (2002) Limitations to leaf photosynthesis in field-grown grapevine under drought – metabolic and modelling approaches. *Functional Plant Biology* 29, 1-9.

**Matsoukis, A. S.; Kamoutsis, A. P.; Chronopoulou-Sereli, A. G.; Lilis, C. G.; Adamidou, Z. C.** (2006). *Vitis vinifera* L. Phenology as Affected by Air Temperature in Kavala, Greece. In Phenology-Agroclimatology, Volume III, p: 809-814. Dalezios, N. R., Tzortzios, S. Editors. 3rd HAICTA – International Conference On Information Systems in Sustainable Agriculture, Agroenvironment and Food Technology. Volos. Greece.

**Matthews, M.A.; Anderson M.M.** (1988). Fruit ripening in grapes (*Vitis vinifera* L.): responses to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture*, 39, 313-320.

**Matthews, M.A.; Anderson M.M.** (1989). Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): responses to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture*, 40, 52-60.

**Matthews, M.A.; Ishii, R.; Anderson, M.M.; O'Mahony, M.** (1990). Dependence of wine sensory attributes on vine water status. *J. Sci. Food Agri.*, 51: 321-335.

**Matthews, M.A.; Anderson, M.M.; Schultz, H.R.** (1987) Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet franc. *Vitis* 26 (3), 147-160.

**McCarthy, M.G.** (1997). The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 3, 102-108.

**McCarthy, M.G.** (2000). Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. In: *Deficit Irrigation Practices*, FAO, Roma: 79-97.

**McCutchan, H.; Schakel, K.A.** (1992). Stem-water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L. cv. French). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:607–611.

**Medrano, H.; Escalona, J.M.; Bota, J.; Gulías, J.; Flexas, J.** (2002). Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: the interest of stomatal conductance as a reference parameter. *Annals of Botany*, 89: 895-905.

**Medrano, H.; Escalona, J.M.; Cifre, J.; Bota, J.; Flexas, J.** (2003). A ten-year on the physiology of two grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. *Functional Plant Biology*. 30: 607-619.

**Medrano, H.; Escalona, J.M.; Flexas, J.** (2007). Indicadores integradores del estado hídrico de la planta. Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid, Editorial Agrícola Española S.A., pp. 15-34, Madrid.

**Myburgh, P.A.** (2003). Responses of *Vitis vinifera* L. cv. Sultanina to water deficits during various pre- and post-harvest phases under semi-arid conditions. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 24 (1): 25- 33.

**Moran, M.S.; Clarke, T.R.; Inoue, Y.; Vidal, A.** (1994). Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sensing of Environment* 49, 246-263.

**Naor, A.** (1998). Relations between leaf and stem water potentials and stomatal conductance in three field-grown woody species. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 73:431-436.

**Naor, A.; Bravdo, B.; Hepner, Y.** (1993) Effect of post-veraison irrigation level on Sauvignon Blanc yield, juice quality and water relations. *South African Journal of Enology and Viticulture* 14, 19-25.

**Oliveira e Silva, P.; Ramôa, S.; Mendes, S.; Guerreiro, C.; Boteta, L.; Fernandes, A.** (2013). Efeito da rega deficitária controlada na produção de uva para vinho: um caso de estudo no Baixo Alentejo. *Revista Enovitis*, edição de julho/agosto/setembro, 16-17.

**Ojeda, H.** (2007). La ingeniería inversa en viticultura. Aplicación para la adaptación a un entorno cambiante. In: VII Foro Mundial del Vino, 12-14 de maio de 2010. Unité Expérimentale de Pech Rouge. Innovación y diversification en viticultura y enologia. 47p.

**Ojeda, H.; Andary, C.; Kraeva, E.; Carbonneau, A.; Deloire, A.** (2002). Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *Am. J. Enol. Vitic.* 53(4): 261-267.

**Ojeda, H.; Deloire, A.; Carbonneau, A.** (2001). Influence of pre-and posveraison water deficit on shynthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *Am. J. Enol. Vitic.* 53(4):261-267.

**Pastori, G.M.; Foyer, C.H.** (2002). Common Components, Networks, and Pathways of Cross- Tolerance to Stress. The Central Role of “Redox” and Absciscic Acid-Mediated Controls. *Plant Physiology*, 129: 460-468.

**Patakas, A.; Noitsakis, B.; Chouzouri, A.** (2005). Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 106 (2-3): 253–259.

**Patakas, A.; Noitsakis, B.; Stavrakas, D.** (1997). Adaptation to seasonal drought in *Vitis vinifera* L. as affected by leaf age. *Vitis* 36 (1), 11–14.

**Payan, J.C.** (1997). Les travaux en vert: incidence sur la conduite de la vigne et sur la qualité de la récolte. EUROVITI 97.11e Colloque et Viticulture-Œnologie. Cahier Technique. Montpellier, 39-44.

**Payan, J.C.; García de Cortázar Atauri, I.; Seguin, B.** (2006). Ressource en eau et changement climatique: une problématique? Les Entretiens Viti-Vinicoles Rhône-Méditerranée 2006, Gruissan, France.

**Pellegrino, A.; Lebon, E.; Codis, S.; Riou, C.E.; Wery, J.** (2001). Identification of diagnosis indicators for the evaluation of soil water deficit experienced by grapevine in a network of farmers fields. XII GESCO. Montpellier, 1: 31-35.



**Poni, S.; Bernizzoni, F.; Reinotti, M.** (2005) Whole-canopy and single leaf gas exchange, responses to partial rootzone drying in potted 'Cabernet Sauvignon' grapevines. *Acta Horticulturae* 689, 277-284.

**Poni, S.; Lakso, A.N.; Turner, J.R.; Melious, R.E.** (1994). Interactions of crop level and late season water stress on growth and physiology of field-grown Concord grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 45, 252-258.

**Prichard, T. L.** (1992). Water relations of vine grapes. In *Viticultural Practices*. Ed. M. A. Walker & W. M. Kliewer, W. M. instructeurs. U. California. Davies. Spring. Pp.12-23.

**Proffitt, A.P.B.; Berliner, P.R.; Oosterhuis, D.M.** (1985) A comparative study of root distribution and water extraction efficiency by wheat grown under high and low frequency irrigation. *Agronomy Journal* 77, 655-662.

**Rizza, F.; Badeck, F.W.; Cattivelli, O.; Lidestri, O.; Di Fonzo, N.; Stanca, A.M.** (2004). Use of a water stress index to identify barley genotypes adapted to rainfed and irrigated conditions. *Crop Sci.* 44, 2127-2137.

**Santesteban, L.G.; Miranda, C.; Royo, J.B.** (2011). Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. 'Tempranillo'. *Agricultural Water Management* 98, 1171–1179.

**Santos, T.P.; Lopes, C.M.; Rodrigues, M.L.; Souza, C.R.; Maroco, J.P.; Pereira, J.S.; Silva, J.R.; Chaves, M.M.** (2003). Partial rootzone drying: effects on growth and fruit quality of field- grown grapevines (*Vitis vinifera*). *Functional Plant Biology* 30:663 –671.

**Santos, T.P.; Lopes, C.M.; Rodrigues, M.L.; Souza, C.R.; Silva, J.R.; Maroco, J.P.; Pereira, J.S.; Chaves, M.M.** (2005). Effects of partial root-zone drying irrigation on cluster microclimate and fruit composition of field-grown Castelão grapevines. *Vitis* 44, 117-125.

**Santos, T.P.; Lopes, C.M.; Rodrigues, M.L.; Souza, C.R.; Silva, J.R.; Maroco, J.P.; Pereira, J.S.; Chaves, M.M.** (2007). Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. *Scientia Horticulturae* 112 (2007): 321-330.

**Santos, J. A.; Malheiro, A. C.; Karremann, M. K.; Pinto, J. G.** (2011). Statistical Modeling of Grapevine Yield in the Port Wine Region under Present and Future Climate Conditions. *International Journal of Biometeorology*, 55: 119-131.

**Santos, J. A.; Malheiro, A. C.; Pinto, J. G.; Jones, G. V.** (2012). Macroclimate and Viticultural Zoning in Europe: Observed Trends and Atmospheric Forcing. *Climate Research*, 51: 89-103.

**Scholander, P.F.; Hammel, H.T.; Bradstreet, E.D.; Hemmingen, A.E.** (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148 (3668): 339-346.

**Schultz, H.R.** (1996). Water relations and photosynthetic responses of two grapevine cultivars of different geographical origin during water stress. *Proc. Workshop Strategies to Optimize Wine Grape Quality. Acta Hort.* 427:251-266.

**Schultz, H.R.** (2000). Climate change and viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide and UVB effects. *Aust. J. Grape Wine Research*. 6 (1): 2-12.

**Schultz, H.R.** (2003). Extension of the Farquhar model for limitations of leaf photosynthesis induced by light environment, phenology and leaf age in grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. White Riesling and Zinfandel). *Funct. Plant. Biol.* 30: 637-687.

**Schultz, H.R.; Matthews, M.A.** (1988). Vegetative growth distribution during water deficits in *Vitis vinifera*. *Aust. J. Plant Physiol.* 15: 641-656.

**Schultz, H.R.; Matthews, M.A.** (1993). Growth, osmotic adjustment and cell-wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. *Crop Science*, 33: 287-294.

**Seguin, G.** (1988). Ecosystems of the great red wines produced in the maritime climate of Bordeaux, in: L. FULLER-PERRINE (ed.) *Proceedings of the Symposium on Maritime Climate Winegrowing*. Geneva, NY: Department of Horticultural Sciences, Cornell University. Somerville, C. and J. Briscoe. 2001. Genetic engineering and water. *Sci.*, 292: 2217.

**Selles, G.; Berger, A.** (1990). Physiological indicators of plant water status as criteria for irrigation scheduling. *Acta. Hort.* 278:87-100.

**Shahidian, S.; Serralheiro, R.P.; Teixeira, J.L.; Serrano, J.; Santos, F.L.; Guimarães, R.C.** (2001). Utilização da equação de Hargreaves Samani para o cálculo da ETo em estufas. ICAAM, Dep. Eng. Rural, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora. Departamento de Eng. Rural. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.

**Shellie, K.** (2006). Vine and Berry Response of Merlot (*Vitis vinifera* L.) to Differential Water Stress. *Am. J. Enol. Vitic.*, 57 (4): 514-518.

**Sholander, P.F.; Hammel, H.T.; Bradstreet, E.D.; Hemmingsen, E.A.** (1965). Sap pressure in vascular plants: negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science*, 148: 339-346.

**Sibille, I.; Ojeda, H.; Prieto, J.; Maldonado, S.; Lacapere, J.N.; Carbonneau, A.** (2007). Relation between the values of three pressure chamber modalities (midday leaf, midday stem and predawn water potential) of 4 grapevine cultivars in drought situation of the southern of France. Applications for the irrigation control. In: *Proceedings of 15th international symposium of GESCO*: 685–695.

**Silvestre, J.; Ferreira, I.; Pacheco, C.A.; Malheiro, A.** 2007. Gestão da rega em vinha. Uma ferramenta para a optimização da qualidade e controle do crescimento vegetativo. *Enologia*, 49/50: 8-12.

**Smart, R.E.; Coombe, B.G.** (1982). Water relations of grapevines, p.137-196. In: T.T.Kozlowski (ed.). *Water deficit and plant growth*. Vol. 7. Academic Press, New York.

**Smart, R.E.; Robinson, M.D.** (1991). *Sunlight into wine. A Handbook for Winegrape Canopy Management*. Winetitles, Adelaide, 88p.

**Smart, R.E.; Robinson, M.D.** (1992). *Sunlight into wine: a handbook for winegrape canopy management*. Winetitles, 2nd ed., Underdale, 89pp.

**Souza, C.R.; Maroco, J.; Santos, T.; Rodrigues, M.L.; Lopes, C.; Pereira, J.S.; Chaves, M.M.** (2005). Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 106, 261-274.

**Spayd, S. E.; Tarara, J. M.; Mee, D. L.; Fergunson, J.C.** (2002) Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 53, 171-182.

**Spiegel-Roy e Bravdo, B.** (1964). Le régime hydrique de la vigne. *Bull. de l'O.I.V.* 397: 232-246.

**Stevens, R.M.; Harvey, G.; Aspinall, D.** (1995). Grapevine growth of shoots and fruit linearly correlate with water stress indices based on root-weighted soil matric potential. *Austral. J. Grape Wine Res.* 1:58– 66.

**Stikic, R.; Popovic, S.; Srdic, M.; Savic, D.; Jovanovic, Z.; Prokic, L.J.; Zdravkovic, J.** (2003). Partial Root Drying (PRD): a new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. Special Issue, 164-171.

**Stoll, M.; Loveys, B.; Dry, P.** (2000). Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *J. Exp. Bot.* 51, 1627-1634.

**Tardieu, F.; Simonneau, T.** (1998). Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours. *Journal of Experimental Botany*, 49: 419-432.

**Tonietto, J.** (1999). Les Macroclimats Viticoles Mondiaux et l'Influence du Mesoclimat sur la Typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le Sud de la France – Méthodologie de Caractérisation. Ministère de l'Agriculture. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. Thèse du Doctorat en Biologie des Systèmes Intégrés, Agronomie et Environnement.

**Trambouze, W.; Bertuzzi, P.; Voltz, M.** (1998). Comparison of methods for estimating actual evapotranspiration in a row-cropped vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*, 91: 193-208.

**Trambouze, W.; Voltz, M.** (2001). Measurement and modelling of the transpiration of a Mediterranean vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107: 153–166.

**Van Leeuwen, C.; Seguin, G.** (1994). Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la

maturation du raisin, Vitis vinifera variété Cabernet Franc, Saint-Emilion (1990). J. Int. Science de la Vigne et du Vin, 28: 81-110.

**Van Leeuwen, C.; Trégoat, O.; Choné, X.; Bois, B.; Pernet, D.; Gaudillere, J. P.** (2009). Vine Water Status Is A Key Factor in Grape Ripening and Vintage Quality for Red Bordeaux Wine. How Can It be Assessed for Vineyard Management Purposes? Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 43:121-134.

**Wample, R.** (2000). Regulated deficit irrigation as a water management strategy in vitis vinifera production. In: *Deficit Irrigation Practices*, FAO, Roma: 89-100.

**Wample, R.** (2001). Grapevine water relations. 2001 Central Coast Viticulture and Enology Issues Conference, pp. 62-70.

**Williams, L.E.** (2001). The effect of trellis type and canopy size on grapevine water requirements. 2001 Central Coast Viticulture and Enology Issues Conference, pp 77-83.

**Williams, L.E.; Baeza, P.** (2007). Relationships among ambient temperature and vapor pressure deficit and leaf and stem water potentials of fully irrigated, field-grown grapevines. American Journal of Enology and Viticulture 58: 173–181.

**Wilkinson, S.; Davies, W.J.** (2002). ABA-based chemical signalling: the coordination of responses to stress in plants. Plant Cell Environ. 25, 195-210.

**Williams, L.E.; Matthews, M.A.** (1990). Grapevine. In: Irrigation of Agricultural Crops, (Eds.) Stewart BA & Nielsen, DR. *American Society of Agronomy*, pp 30.

**Williams, L.E.; Trout, T.J.** (2005). Relationships among vine- and soil-based measures of water status in a Thompson Seedless vineyard in response to high-frequency drip irrigation. Am. J. Enol. Vitic. 56 (4): 357-366.

**Williams, L.E.; Dokoozlian, N.K.; Wample, R.L.** (1994). Grape, p.83-133. In: B. Shaffer and P.C. Anderson (eds.). Handbook of environmental physiology of fruit crops. Vol. 1. Temperate crops. CRC Press, Orlando, Fla.

**Winkell, T.; Rambal, S.** (1993). Influence of water stress on grapevines growing in the field: From leaf to whole-plant response. *Austral. J. Plant Physiol.* 20:143-157.

**Winter, E.** (2002). Grape bunch exposure and aroma development. *The Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker*, 46:1a.

**Yunusa, I. A. M.; Walker R.R.; Blackmore, D.H.** (1997). Characterisation of water use by Sultana grapevines (*Vitis vinifera* L.) on their own roots or on Ramsey rootstock drip-irrigated with water of different salinities. *Irrig. Sci.*, 17: 77-86.

**Yunusa, I.A.M.; Walker, R.R.; Loveys, B.R.; Blackmore, D.H.** (2000). Determination of transpiration in irrigated grapevines - comparison of heat-pulse technique with the gravimetric and micrometeorological methods. *Irrig. Sci.*, 20: 1-8.

**Zufferey, V.; Murisier, F.** (2007). Assessment of plant hydraulics in grapevine on various "terroirs" in the canton of Vaud (Switzerland). *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 41 (2): 95- 102.

#### SITES:

<http://www.infovini.com/classic/pagina.php?codPagina=52&codItem=118&codPortaEnxerto=12> acedido a 23 de Maio de 2014

<http://www.google.com/intl/pt-PT/earth/index.html>  
acedido a 23 de Maio de 2014

<https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/014/>  
acedido a 26 de Setembro de 2014

## ANEXOS

**Anexo 1** - Escala fenológica da vinha, segundo Baggiolini (Fonte: DRAALG/DSAG/DPC).



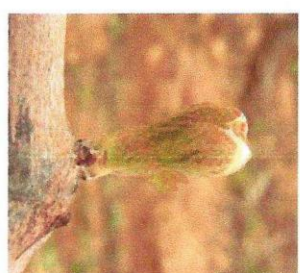
A – Gomo de Inverno



B – Gomo de algodão



C – Ponta verde



D – Saída das folhas



E – Folhas livres



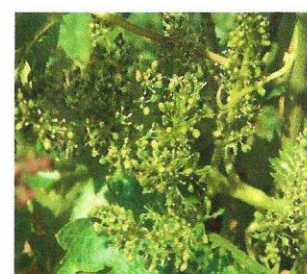
F – Cachos visíveis



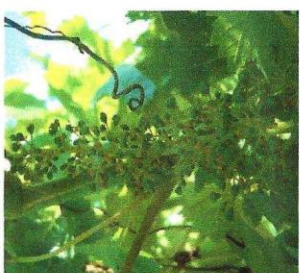
G – Cachos separados



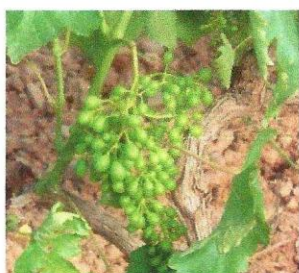
H – Botões florais separados



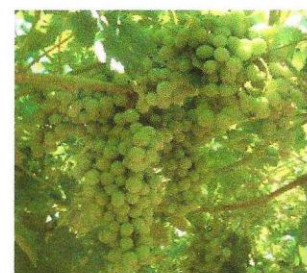
I – Floração



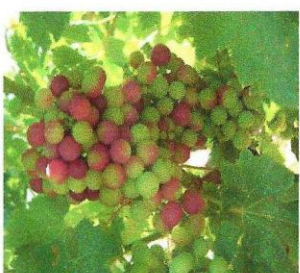
J – Alimpa



K – Bago de ervilha



L – Cacho fechado



M – Pintor



N – Maturação

**Anexo 2 -** Evolução Fenológica da vinha de ensaio.

Evolução Fenológica da casta *Alvarinho* no ciclo vegetativo de 2014. Quinta da Aveleda.

Data	Estado Fenológico ( <i>Baggiolini</i> )
20/mar	B
30/mar	D
05/abr	E
15/abr	F
20/abr	G/H
14/mai	I
30/mai	I/J
02/jun	K
12/jun	L
25/jun	L
28/jul	M
09/ago	M
11/set	N

**Anexo 3 -** Número de cachos e carga da vinha de ensaio.

	Número de cachos	Carga
B1	22,1	18,2
B2	21,9	17,1
B3	24,3	18,5
<i>Sig.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>



**Anexo 4 - Índice de Fertilidade e Taxa da Abrolhamento da vinha de ensaio.**

	Índice de Fertilidade	Taxa da Abrolhamento
R0	1,4	91,1
R1	1,3	86,4
R2	1,3	88,9
R3	1,2	92,8
<i>Sig.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

**Anexo 5 - Potencial Hídrico Foliar de Base da vinha de ensaio.**

Data	Hora	Sistema Condução	Linha	Bloco	Rega	Folha	Potencial (bar)	Potencial (MPa)
10-05-14	BASE	Monoplano	6	I	1	1	1,00	-0,10
10-05-14	BASE	Monoplano	9	I	3	1	0,50	-0,05
10-05-14	BASE	Monoplano	12	I	0	1	0,70	-0,07
10-05-14	BASE	Monoplano	15	I	2	1	1,10	-0,11
10-05-14	BASE	Monoplano	18	II	3	1	0,90	-0,09
10-05-14	BASE	Monoplano	21	II	1	1	0,45	-0,05
10-05-14	BASE	Monoplano	24	II	2	1	0,80	-0,08
10-05-14	BASE	Monoplano	27	II	0	1	0,55	-0,06
10-05-14	BASE	Monoplano	30	III	0	1	0,90	-0,09
10-05-14	BASE	Monoplano	33	III	1	1	0,95	-0,10
10-05-14	BASE	Monoplano	36	III	3	1	0,45	-0,05
10-05-14	BASE	Monoplano	39	III	2	1	1,10	-0,11
16-06-14	BASE	Monoplano	6	I	1	1	1,40	-0,14
16-06-14	BASE	Monoplano	9	I	3	1	2,00	-0,20
16-06-14	BASE	Monoplano	12	I	0	1	1,90	-0,19
16-06-14	BASE	Monoplano	15	I	2	1	1,00	-0,10
16-06-14	BASE	Monoplano	18	II	3	1	1,30	-0,13
16-06-14	BASE	Monoplano	21	II	1	1	2,00	-0,20
16-06-14	BASE	Monoplano	24	II	2	1	0,90	-0,09
16-06-14	BASE	Monoplano	27	II	0	1	1,20	-0,12
16-06-14	BASE	Monoplano	30	III	0	1	1,20	-0,12
16-06-14	BASE	Monoplano	33	III	1	1	1,00	-0,10
16-06-14	BASE	Monoplano	36	III	3	1	1,40	-0,14
16-06-14	BASE	Monoplano	39	III	2	1	0,80	-0,08
11-07-14	BASE	Monoplano	6	I	1	1	1,80	-0,18
11-07-14	BASE	Monoplano	9	I	3	1	1,70	-0,17
11-07-14	BASE	Monoplano	12	I	0	1	1,50	-0,15
11-07-14	BASE	Monoplano	15	I	2	1	1,90	-0,19
11-07-14	BASE	Monoplano	18	II	3	1	2,30	-0,23
11-07-14	BASE	Monoplano	21	II	1	1	1,90	-0,19

11-07-14	BASE	Monoplano	24	II	2	1	1,60	-0,16
11-07-14	BASE	Monoplano	27	II	0	1	1,65	-0,17
11-07-14	BASE	Monoplano	30	III	0	1	1,85	-0,19
11-07-14	BASE	Monoplano	33	III	1	1	1,70	-0,17
11-07-14	BASE	Monoplano	36	III	3	1	1,75	-0,18
11-07-14	BASE	Monoplano	39	III	2	1	1,55	-0,16
24-07-14	BASE	Monoplano	6	I	1	1	1,05	-0,11
24-07-14	BASE	Monoplano	9	I	3	1	1,1	-0,11
24-07-14	BASE	Monoplano	12	I	0	1	0,5	-0,05
24-07-14	BASE	Monoplano	15	I	2	1	0,9	-0,09
24-07-14	BASE	Monoplano	18	II	3	1	0,6	-0,06
24-07-14	BASE	Monoplano	21	II	1	1	1,25	-0,13
24-07-14	BASE	Monoplano	24	II	2	1	1,2	-0,12
24-07-14	BASE	Monoplano	27	II	0	1	0,65	-0,07
24-07-14	BASE	Monoplano	30	III	0	1	1,25	-0,13
24-07-14	BASE	Monoplano	33	III	1	1	0,7	-0,07
24-07-14	BASE	Monoplano	36	III	3	1	1,15	-0,12
24-07-14	BASE	Monoplano	39	III	2	1	0,6	-0,06
04/08/2014	BASE	Monoplano	6	I	1	1	1,1	-0,11
04/08/2014	BASE	Monoplano	9	I	3	1	0,4	-0,04
04/08/2014	BASE	Monoplano	12	I	0	1	0,95	-0,10
04/08/2014	BASE	Monoplano	15	I	2	1	0,65	-0,07
04/08/2014	BASE	Monoplano	18	II	3	1	0,7	-0,07
04/08/2014	BASE	Monoplano	21	II	1	1	0,5	-0,05
04/08/2014	BASE	Monoplano	24	II	2	1	0,95	-0,10
04/08/2014	BASE	Monoplano	27	II	0	1	0,25	-0,03
04/08/2014	BASE	Monoplano	30	III	0	1	0,6	-0,06
04/08/2014	BASE	Monoplano	33	III	1	1	0,35	-0,04
04/08/2014	BASE	Monoplano	36	III	3	1	0,55	-0,06
04/08/2014	BASE	Monoplano	39	III	2	1	0,4	-0,04
04/09/2014	BASE	Monoplano	6	I	1	1	1	-0,1
04/09/2014	BASE	Monoplano	9	I	3	1	1	-0,1
04/09/2014	BASE	Monoplano	12	I	0	1	1,8	-0,18
04/09/2014	BASE	Monoplano	15	I	2	1	0,9	-0,09
04/09/2014	BASE	Monoplano	18	II	3	1	1	-0,1
04/09/2014	BASE	Monoplano	21	II	1	1	1,7	-0,17
04/09/2014	BASE	Monoplano	24	II	2	1	0,5	-0,05
04/09/2014	BASE	Monoplano	27	II	0	1	0,5	-0,05
04/09/2014	BASE	Monoplano	30	III	0	1	1,1	-0,11
04/09/2014	BASE	Monoplano	33	III	1	1	0,4	-0,04
04/09/2014	BASE	Monoplano	36	III	3	1	1,3	-0,13
04/09/2014	BASE	Monoplano	39	III	2	1	0,7	-0,07
10-05-14	BASE	Monoplano	6	I	1	2	0,80	-0,08
10-05-14	BASE	Monoplano	9	I	3	2	0,95	-0,10
10-05-14	BASE	Monoplano	12	I	0	2	0,50	-0,05
10-05-14	BASE	Monoplano	15	I	2	2	0,95	-0,10
10-05-14	BASE	Monoplano	18	II	3	2	0,80	-0,08
10-05-14	BASE	Monoplano	21	II	1	2	0,80	-0,08
10-05-14	BASE	Monoplano	24	II	2	2	0,80	-0,08
10-05-14	BASE	Monoplano	27	II	0	2	1,00	-0,10
10-05-14	BASE	Monoplano	30	III	0	2	1,00	-0,10
10-05-14	BASE	Monoplano	33	III	1	2	0,55	-0,06
10-05-14	BASE	Monoplano	36	III	3	2	0,95	-0,10
10-05-14	BASE	Monoplano	39	III	2	2	0,85	-0,09
16-06-14	BASE	Monoplano	6	I	1	2	1,40	-0,14
16-06-14	BASE	Monoplano	9	I	3	2	1,50	-0,15
16-06-14	BASE	Monoplano	12	I	0	2	1,30	-0,13
16-06-14	BASE	Monoplano	15	I	2	2	2,40	-0,24
16-06-14	BASE	Monoplano	18	II	3	2	1,70	-0,17
16-06-14	BASE	Monoplano	21	II	1	2	2,20	-0,22
16-06-14	BASE	Monoplano	24	II	2	2	1,30	-0,13
16-06-14	BASE	Monoplano	27	II	0	2	1,20	-0,12
16-06-14	BASE	Monoplano	30	III	0	2	0,81	-0,08
16-06-14	BASE	Monoplano	33	III	1	2	0,80	-0,08

16-06-14	BASE	Monoplano	36	III	3	2	0,80	-0,08
16-06-14	BASE	Monoplano	39	III	2	2	1,20	-0,12
11-07-14	BASE	Monoplano	6	I	1	2	1,80	-0,18
11-07-14	BASE	Monoplano	9	I	3	2	1,30	-0,13
11-07-14	BASE	Monoplano	12	I	0	2	1,35	-0,14
11-07-14	BASE	Monoplano	15	I	2	2	2,00	-0,20
11-07-14	BASE	Monoplano	18	II	3	2	2,40	-0,24
11-07-14	BASE	Monoplano	21	II	1	2	2,10	-0,21
11-07-14	BASE	Monoplano	24	II	2	2	1,70	-0,17
11-07-14	BASE	Monoplano	27	II	0	2	2,30	-0,23
11-07-14	BASE	Monoplano	30	III	0	2	1,90	-0,19
11-07-14	BASE	Monoplano	33	III	1	2	1,60	-0,16
11-07-14	BASE	Monoplano	36	III	3	2	1,70	-0,17
11-07-14	BASE	Monoplano	39	III	2	2	1,95	-0,20
24-07-14	BASE	Monoplano	6	I	1	2	1,00	-0,10
24-07-14	BASE	Monoplano	9	I	3	2	0,95	-0,10
24-07-14	BASE	Monoplano	12	I	0	2	1,00	-0,10
24-07-14	BASE	Monoplano	15	I	2	2	0,40	-0,04
24-07-14	BASE	Monoplano	18	II	3	2	1,10	-0,11
24-07-14	BASE	Monoplano	21	II	1	2	0,90	-0,09
24-07-14	BASE	Monoplano	24	II	2	2	0,75	-0,08
24-07-14	BASE	Monoplano	27	II	0	2	0,60	-0,06
24-07-14	BASE	Monoplano	30	III	0	2	0,85	-0,09
24-07-14	BASE	Monoplano	33	III	1	2	0,75	-0,08
24-07-14	BASE	Monoplano	36	III	3	2	0,7	-0,07
24-07-14	BASE	Monoplano	39	III	2	2	0,7	-0,07
04/08/2014	BASE	Monoplano	6	I	1	2	0,9	-0,09
04/08/2014	BASE	Monoplano	9	I	3	2	0,8	-0,08
04/08/2014	BASE	Monoplano	12	I	0	2	0,6	-0,06
04/08/2014	BASE	Monoplano	15	I	2	2	0,6	-0,06
04/08/2014	BASE	Monoplano	18	II	3	2	0,8	-0,08
04/08/2014	BASE	Monoplano	21	II	1	2	0,9	-0,09
04/08/2014	BASE	Monoplano	24	II	2	2	0,5	-0,05
04/08/2014	BASE	Monoplano	27	II	0	2	0,35	-0,04
04/08/2014	BASE	Monoplano	30	III	0	2	0,45	-0,05
04/08/2014	BASE	Monoplano	33	III	1	2	0,4	-0,04
04/08/2014	BASE	Monoplano	36	III	3	2	0,45	-0,05
04/08/2014	BASE	Monoplano	39	III	2	2	0,6	-0,06
04/09/2014	BASE	Monoplano	6	I	1	2	1	-0,1
04/09/2014	BASE	Monoplano	9	I	3	2	0,95	-0,095
04/09/2014	BASE	Monoplano	12	I	0	2	1,15	-0,115
04/09/2014	BASE	Monoplano	15	I	2	2	0,5	-0,05
04/09/2014	BASE	Monoplano	18	II	3	2	0,8	-0,08
04/09/2014	BASE	Monoplano	21	II	1	2	1,45	-0,145
04/09/2014	BASE	Monoplano	24	II	2	2	0,6	-0,06
04/09/2014	BASE	Monoplano	27	II	0	2	0,5	-0,05
04/09/2014	BASE	Monoplano	30	III	0	2	1,1	-0,11
04/09/2014	BASE	Monoplano	33	III	1	2	0,6	-0,06
04/09/2014	BASE	Monoplano	36	III	3	2	1,15	-0,115
04/09/2014	BASE	Monoplano	39	III	2	2	1,15	-0,115

**Anexo 6** - Área foliar principal por videira (m<sup>2</sup>) da vinha de ensaio.

	14/05/2014	19/06/2014	24/07/2014	04/09/2014
R0	1,6 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	5,1	3,2
R1	1,8 <sup>ab</sup>	4,4 <sup>ab</sup>	4,5	3,0
R2	1,4 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	4,6	3,3
R3	2,2 <sup>b</sup>	5,8 <sup>b</sup>	5,4	4,9
<i>Sig.</i>	*	**	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

**Anexo 7** - Área foliar secundária por videira (m<sup>2</sup>) da vinha de ensaio.

	14/05/2014	19/06/2014	24/07/2014	04/09/2014
R0	0,5	1,1 <sup>ab</sup>	1,5	0,7
R1	0,5	1,2 <sup>ab</sup>	1,2	0,8
R2	0,4	0,9 <sup>a</sup>	1,8	0,7
R3	0,5	1,8 <sup>b</sup>	1,3	1,0
<i>Sig.</i>	<i>n.s.</i>	*	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

**Anexo 8** - Área foliar total por videira (m<sup>2</sup>) da vinha de ensaio.

	14/05/2014	19/06/2014	24/07/2014	04/09/2014
R0	2,1 <sup>ab</sup>	4,5 <sup>a</sup>	6,6	4,0
R1	2,4 <sup>ab</sup>	5,6 <sup>ab</sup>	5,7	3,8
R2	1,8 <sup>a</sup>	4,3 <sub>a</sub>	6,4	4,2
R3	2,7 <sup>b</sup>	7,7 <sup>b</sup>	6,7	5,8
<i>Sig.</i>	*	**	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

**Anexo 9** - Percentagem da área foliar das netas (%) da vinha de ensaio.

	14/05/2014	19/06/2014	24/07/2014	04/09/2014
R0	22,7	21,7	21,1	18,0
R1	23,1	20,8	23,1	19,3
R2	21,4	20,5	29,8	21,3
R3	19,8	23,2	18,8	17,3
<i>Sig.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	*	<i>n.s.</i>

**Anexo 10** - Percentagem da área foliar principal (%) da vinha de ensaio.

	14/05/2014	19/06/2014	24/07/2014	04/09/2014
R0	77,3	78,3	78,9	82,0
R1	76,9	79,1	76,9	80,7
R2	78,6	79,5	70,3	78,7
R3	80,2	76,8	81,2	82,8
<i>Sig.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	*	<i>n.s.</i>

**Anexo 11** - Superfície Foliar Exposta (m<sup>2</sup>/ha) da vinha de ensaio.

	SFE
R0	17793,8 <sup>a</sup>
R1	15910,7 <sup>b</sup>
R2	16002,2 <sup>b</sup>
R3	16173,9 <sup>b</sup>
<i>Sig.</i>	***

**Anexo 12** - Grau Álcool Provável (% vol) da vinha de ensaio.

	04/09/2014	11/09/2014
R0	10,6	11,3
R1	10,3	11,1
R2	10,8	10,9
R3	10,6	9,7

**Anexo 13 - Acidez Total (g ácido tartárico/L) da vinha de ensaio.**

	04/09/2014	11/09/2014
R0	15,8	10,9
R1	17,4	11,7
R2	16,6	11,5
R3	17,1	12,1

**Anexo 14 - pH da vinha de ensaio.**

	04/09/2014	11/09/2014
R0	3,02	3,17
R1	2,96	3,16
R2	2,96	3,16
R3	2,94	3,16

**Anexo 15 - Azoto Assimilável (mg/L) da vinha de ensaio.**

	04/09/2014	11/09/2014
R0	308	282
R1	333	275
R2	328	298
R3	320	306

**Anexo 16 - Ácido Málico (mg/L) da vinha de ensaio.**

	04/09/2014	11/09/2014
R0	9,2	6,3
R1	10,2	6,6
R2	9,8	6,6
R3	9,4	7,3

---

**Anexo 17** - Ácido Tartárico (mg/L) da vinha de ensaio.

	04/09/2014	11/09/2014
R0	9,0	7,9
R1	9,4	8,5
R2	9,2	8,6
R3	9,4	8,2